

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra měřicí a řídicí techniky

**Analýza akcelerometrických dat rehabilitačního
zařízení POSTUROMED**

**Analysis of accelerometer measurements from
rehabilitation device POSTUROMED**

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Kateřina Kriegelová**

Studijní program: N2649 Elektrotechnika

Studijní obor: 2601T004 Měřicí a řídicí technika

Téma: **Analýza akcelerometrických dat rehabilitačního zařízení Posturomed**
Analysis of Accelerometer Measurements from Rehabilitation Device
Posturomed

Zásady pro vypracování:

1. Seznámení se s rehabilitačním přístrojem Posturomed a měřicím software Microswing a srovnání s ostatními systémy pro diagnostiku posturálních poruch.
2. Návrh a úprava software pro komplexní analýzu naměřených dat z hlediska vývoje posturálních vlastností pacientů před operačním zákrokem a před a po ukončení rehabilitačního cyklu.
3. Návrh a realizace software pro analýzu směrové výchylky pacientů s posturální poruchou na přístroji Posturomed.
4. Provedení testů.
5. Zhodnocení naměřených výsledků.

Seznam doporučené odborné literatury:

1. *Posturomed Instruction For Postural Therapy According to Dr. Eugen Rašev* [online]. Pullenreuth: HAIDER BIOSWING, 2009 [cit. 2009-11-19]. Dostupné z: http://www.bioswing.de/cmsupload/bioswing/downloads/Anleitung_Posturomed_englisch.pdf
2. MELECKÝ R. *Diagnostika posturálních poruch*. Praha, 2008. 85s. Diplomová práce na Fakultě elektrotechnické Českého vysokého učení technického na katedře kybernetiky. Vedoucí diplomové práce Ing. Daniel Novák PhD. .
3. HLAVÁČ, V. - SEDLÁČEK, M. *Zpracování signálů a obrazů*. 2. vyd. Praha: ČVUT, 2005. 255 s. ISBN 80-01-03110-1.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Martin Černý**

Datum zadání: 20.11.2009

Datum odevzdání: 07.05.2010



doc. Ing. Jiří Koziorek, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Ivo Vondrák, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně. Uvedla jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpala.

.....
Kateřina Kriegelová

Datum odevzdání diplomové práce: 7.5. 2010

V Ostravě

dne 1.5. 2010

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu mé diplomové práce panu Ing. Martinu Černému, za poskytnutí cenných rad spojených s vypracováním mého úkolu. Dále bych poděkovala svému nadřízenému panu Ing. Bronislavu Mezihorakovi za jeho shovívavost v zaměstnání a za mé časté uvolnění z práce. Můj vděk patří také všem, kteří mě při práci podporovali.

Abstrakt

Tématem diplomové práce je zlepšení analýzy posturálních poruch při terapiích na Posturomedu. Byl vytvořen program Posturomed Manager pro vizualizaci, analýzu, rozpoznávání a klasifikaci posturálních poruch. Nově navrhnut program pro analýzu směrové výchylky pacientů s posturální poruchou, který byl implementován do Posturomed Manageru. Program byl odzkoušen na reálných pacientech.

Klíčová slova

Rehabilitace, posturální terapie, Posturomed, Posturomed Commander, Posturomed Manager, směrová výchylka

Abstract

The subject of the diploma thesis is designing and upgrade analysis of postural dysfunction for therapy on Posturomed equipment. Posturomed Manager was created for visualisation, analysis, recognition and classification postural disfunction. Newly designed program for analysis directional displacement of patients with postural disfunction. The new program was implemented to program Posturomed Manager. The program was tested on real patients.

Key words

Rehabilitation, Postural Therapy, Posturomed, Posturomed Commander, Posturomed manager, Orientation of Deflection

Seznam použitých symbolů a zkratk

CNS	Centrální Nervová Soustava
Corr	Correlation - korelace
DFT	Diskrétní Fourierova Transformace
Dretn	Direction – tlačítko pro rychlou analýzu směrové výchylky
dx.	dexter – pravé
FNO	Fakultní Nemocnice Ostrava
GUI	Graphical User Interface – grafické uživatelské rozhraní
LCA	Plastika LCA (ligamentum cruciatum anterius) – plastika předního zkříženého vazů
MRT	Jaderná Magnetická Rezonance (tomografie - zobrazování)
PPT	Princip Proprioreceptivní Terapie
PS	Posturomed Commander
X-Y	Vykreslení dat do grafu v rovině X-Y
Spgr	Spektrogram
sin.	Sinister - levé
WS	Work Space

Obsah

Úvod.....	- 1 -
1 NEUROFYZIOLOGICKÁ PODSTATA OVLÁDÁNÍ POHYBU.....	- 2 -
1.1 DVĚ SLOŽKY ŘÍZENÍ MOTORIKY – POSTURÁLNÍ A FYZICKÉ FUNKCE.....	- 2 -
1.2 VRSTVY SVALSTEV TRUPU – INTER-/SEGMENTOVÉ A POLYSEGMENTOVÉ SVALY.....	- 2 -
1.2.1 Segmentové svalstvo – známé také jako intersegmentové svalstvo.....	- 2 -
1.2.2 Polysegmentové svalstvo.....	- 3 -
1.3 POSTURÁLNÍ FUNKCE = ŘÍZENÍ MOTORICKÉ SOUSTAVY (PODLE VĚLEHO).....	- 3 -
1.3.1 Posturální reakce.....	- 3 -
1.3.2 Koordinace segmentů = inter/ segmentová stabilizace.....	- 4 -
1.3.3 Princip řízení součinné (ko-)aktivace svalů při posturální reakci.....	- 4 -
1.4 FÁZICKÁ FUNKCE MOTORICKÉ SOUSTAVY.....	- 5 -
1.4.1 Změna pozice.....	- 5 -
1.4.2 Řídící princip antagonistické = reciproční inhibice ve fázické funkci.....	- 6 -
1.5 POSTURÁLNÍ PROGRAMY STABILIZUJÍ TAKÉ KAŽDÝ POHYB.....	- 6 -
1.6 KYBERNETICKÉ ŘÍZENÍ MOTORICKÉ SOUSTAVY.....	- 6 -
1.7 RECEPTORY PRACUJÍCÍ JMÉNEM SENZORIMOTORICKÉ SOUSTAVY.....	- 7 -
1.8 EXCITABILITA TONICKÝCH A FÁZICKÝCH SVALŮ.....	- 8 -
1.9 VEGETATIVNÍ NERVOVÁ SOUSTAVA PRACUJÍCÍ PRO MOTORICKOU SOUSTAVU; POJIVOVÁ TKÁŇ.....	- 9 -
1.10 VYSVĚTLENÍ KLINICKÉ FUNKČNÍ SEGMENTOVÉ NESTABILITY NA PŘÍKLADU KOLENNÍHO KLOUBU.....	- 10 -
2 BOLEST A MOTORICKÉ FUNKCE.....	- 11 -
2.1 NOCICEPCE.....	- 11 -
2.1.1 Strukturální nocicepce = nocicepce v případě zničení struktur.....	- 11 -
2.1.2 Funkční nocicepce = nocicepce v případě přílišného zatížení struktur.....	- 11 -
2.2 NOCICEPCE A SVALOVÝ TONUS.....	- 12 -
2.3 NOCICEPCE A BOLEST.....	- 12 -
2.4 IZOMETRICKÁ AKTIVACE SVALŮ A NOCICEPCE.....	- 13 -
2.5 NOCICEPCE POSTURÁLNÍ ETIOLOGIE = V PŘÍPADĚ POSTURÁLNÍ DYSFUNKCE.....	- 13 -
2.6 BOLEST ZAD VZNIKÁ POSTOJEM – NEJBĚŽNĚJŠÍ BOLEST KAŽDODENNÍHO ŽIVOTA.....	- 13 -
2.7 LÉČENÍ BOLESTI LÉKEM.....	- 13 -
2.8 KONCEPTY TERAPIE BOLESTI S OHLEDEM NA MOTORICKOU SOUSTAVU.....	- 14 -
2.8.1 Lokální koncept.....	- 14 -
2.8.2 Funkční koncept.....	- 14 -
2.9 ÚLOHA POSTURÁLNÍCH REAKCÍ V TERAPII BOLESTI.....	- 14 -
2.10 NEURO-ORTOPEDICKÁ = SENZORIMOTORICKÉ TERAPIE BOLESTI.....	- 15 -
3 POSTURÁLNÍ DYSFUNKCE.....	- 16 -
3.1 DVĚ PŘÍČINY POSTURÁLNÍ DYSFUNKCE.....	- 17 -
3.1.1 Centrální příčiny posturální dysfunkce – důsledky pro terapii.....	- 17 -
3.1.2 Periferní příčiny posturální dysfunkce – důsledky pro terapii.....	- 17 -
3.2 ZAČAROVANÝ KRUH POHYBOVÝCH PORUCH.....	- 17 -
3.3 KLINICKÁ DIAGNÓZA POSTURÁLNÍCH PORUCH PODLE MUDR. RAŠENA.....	- 18 -
3.4 STROJOVÁ DIAGNÓZA OBJEKTIVNÍCH POSTURÁLNÍCH PORUCH.....	- 18 -
4 ZÁKLADY KAŽDÉ TERAPIE BOLESTI V ZÁVISLOSTI NA MOTORICKÉ SOUSTAVĚ.....	- 21 -
4.1 PRVNÍ FÁZE OŠETŘOVÁNÍ JAKÉKOLIV MOTORICKÉ DYSFUNKCE (PODLE JANDY).....	- 21 -
4.2 DRUHÁ FÁZE JAKÉKOLIV FYZIKÁLNÍ TERAPIE.....	- 21 -
5 POJETÍ PROPRIORECEPTIVNÍ TERAPIE DRŽENÍ TĚLA (PPT) PODLE DR. RAŠEVA.....	- 22 -
5.1 PRINCIPY PROPRIORECEPTIVNÍ TERAPIE DRŽENÍ TĚLA (PPT).....	- 22 -
5.2 VÝZNAM MĚŘENÉ ZMĚNY NESTABILITY TERAPEUTICKÉ PLOŠINY POSTUROMED.....	- 22 -
6 POSTUROMED A NASTAVENÍ.....	- 23 -
6.1 CO JE POSTUROMED.....	- 23 -
6.2 JAK POUŽÍVAT POSTUROMED.....	- 23 -
6.3 ZTLUMENÁ NESTABILITA TERAPEUTICKÉ PLOŠINY (NASTAVITELNÁ DLE POTŘEBY).....	- 23 -
6.4 BRZDY.....	- 24 -
6.5 PACIENT SE CÍTÍ V BEZPEČÍ.....	- 25 -
7 PROPRIORECEPTIVNÍ TERAPIE DRŽENÍ TĚLA (PPT) NA POSTUROMEDU.....	- 26 -

7.1	DVĚ KOMPONENTY PPT NA POSTUROMEDU	- 26 -
7.1.1	Nová technika cvičení podle Raševa vyvíjí v selektivním chování dopřednou vazbu.	- 26 -
7.1.2	Terapeutická plošina s různými úrovněmi nestability.....	- 26 -
7.2	VŠEOBECNÉ POŽADAVKY OHLEDNĚ TERAPIE DRŽENÍ TĚLA PODLE RAŠEVA.....	- 26 -
7.3	ZÁKLADNÍ PRAVIDLA PPT – PŘEHLED	- 27 -
7.3.1	Základní pozice těla.....	- 27 -
7.3.2	Chůze na místě.....	- 28 -
7.3.3	Stoj na jedné noze.....	- 29 -
7.3.4	Házení a chytání míčku.....	- 30 -
8	7 TERAPEUTICKÝCH STÁDIÍ PROPRIORECEPTIVNÍ TERAPIE DRŽENÍ TĚLA (PPT) NA POSTUROMEDU PODLE DR. RAŠEVA	- 31 -
8.1	TERAPEUTICKÉ STÁDIUM 0	- 31 -
8.2	TERAPEUTICKÉ STÁDIUM 1	- 32 -
8.3	TERAPEUTICKÉ STÁDIUM 2	- 34 -
8.4	TERAPEUTICKÉ STÁDIUM 3	- 36 -
8.5	TERAPEUTICKÉ STÁDIUM 4	- 36 -
8.6	TERAPEUTICKÉ STÁDIUM 5	- 36 -
8.7	TERAPEUTICKÉ STÁDIUM 6	- 37 -
8.8	TERAPEUTICKÉ STÁDIUM 7	- 37 -
8.9	7 TERAPEUTICKÝCH STÁDIÍ – PŘEHLED	- 37 -
9	DIAGNOSTIKA POSTURÁLNÍ ANALÝZY	- 38 -
9.1	DIAGNOSTICKÝ VÝZNAM POSTUROMEDU	- 38 -
9.1.1	Používaný hardware pro měření dat.....	- 38 -
9.1.2	Používaný software pro zobrazení a uložení naměřených dat.....	- 39 -
9.1.3	Formát dat.....	- 40 -
10	ZPRACOVÁNÍ NAMĚŘENÝCH DAT	- 42 -
10.1	POSTUROMED	- 42 -
10.2	NETLUMENÉ, TLUMENÉ KMITY, PARAMETRY SIGNÁLŮ	- 42 -
10.2.1	Harmonické kmity	- 42 -
10.2.2	Tlumené kmity.....	- 42 -
11	NÁVRH UŽIVATELSKÉHO ROZHRAŇÍ PROGRAMU.....	- 44 -
11.1	POŽADAVKY FNO NA SOFTWARE.....	- 44 -
11.2	REALIZACE POSTUROMED MANAGERU.....	- 45 -
11.2.1	Popis funkcí programu Posturomed Manager.....	- 45 -
11.2.2	Podmínky pro analýzu dat	- 58 -
11.2.3	.mat Struktura	- 58 -
11.2.4	Stručný popis kódu	- 59 -
12	TESTOVÁNÍ REÁLNÝCH NAMĚŘENÝCH HODNOT	- 60 -
12.1	SOUBOR PACIENTŮ.....	- 60 -
12.1.1	Známa diagnóza pacientů	- 60 -
12.1.2	Naměřené směrové výchylky pacientů	- 60 -
	ZÁVĚR	- 79 -
	SEZNAM UŽITÉ LITERATURY	- 80 -
	SEZNAM PŘÍLOH	- 81 -

Úvod

Léčebná rehabilitace a zdraví - dnešní doba klade vysoké nároky na fyzický i psychický stav člověka. Nedostatek pohybu a sedavé zaměstnání mají vliv na vzestup civilizačních chorob. Také naopak úrazy při sportu se řadí mezi nejčastější příčiny k dalším posturálním dysfunkcím. S tímto jsou také spojeny bolesti hlavy, šíje, zad, horních i dolních končetin. Jejich neléčení a špatná či pozdní diagnostika mnohdy vede k závažným trvalým zdravotním komplikacím.

Jednou z možností pro zlepšení svalové stabilizace je i přístroj zvaný Posturomed. Je to terapeutická plošina, která se využívá hlavně při bolestech zad posturální etiologie, funkční nestabilitě v nosných kloubech, u ochablého a vadného držení těla a dalších. Posturomed byl vyvinut MUDr. Raševem ve spolupráci s firmou Haider Bioswing v letech 1993-1995. V jednoduchosti se jedná o labilní plošinu speciálně upravenou pro používání v terapii.

V první části diplomové práce je kompletní posturální terapie na zařízení Posturomedu. Včetně práce s pacientem, správného postupu cvičení a klasifikace posturálních poruch podle MUDr. Raševa.

Cílem této práce bylo předělání již vyvinutého softwaru Posturomed Commander, který ale nevyhovoval pro práci v rehabilitačních centrech a rozpoznávání změny diagnózy. Jelikož však předělání nebylo možné, vznikl nový program, který jsem nazvala Posturomed Manager. Snaha byla naimplementovat funkce z PC do nového programu, aby nevznikla příliš velká odchylka od standardu v PC.

Do PM jsem obsáhla i software, který předmětem další části této diplomové práce a to byla analýza pro směrovou výchylku. Tuto analýzu jsem implementovala tak, aby nenarušila již zavedený koncept pro PC, který již byl používán v rehabilitaci pro diagnostiku nestability pacientů.

1 Neurofyzilogická podstata ovládání pohybu

1.1 Dvě složky řízení motoriky – posturální a fyzické funkce

Každý pohyb musí být zajištěný vůči gravitaci. Jinak by byl jakýkoliv cílený pohyb nemožný. Dle zákona akce a reakce se při jakémkoliv pohybu rukou mění těžiště těla.

CNS aktivuje pomocí svého kybernetického řízení skupiny svalů, které zajistí včasné upravení puncta fixa a puncta mobile. Než dojde k jakémukoliv pohybu, CNS musí vypočítat intenzitu stabilizující svalové aktivity.

Řízení pohybu tudíž vždy zahrnuje nejprve složku, která cíleně zajistí tělo vzhledem k zemské gravitaci a potom následuje druhá složka ovládání, která mění pozici.

Každá změna pozice musí být neustále monitorována (stabilizována) první složkou řízení – bez toho by byl jakýkoliv cílený pohyb nemožný (jak lze pozorovat u čerstvě narozených dětí).

Co se kybernetického řízení motorické soustavy týče, nazývají se tyto dvě složky funkce, což by v počítačové řeči bylo něco jako "operační systémy" nebo "řídící ovládací programy".

- Posturální „programy“ řídí zaujímání určitých pozic kloubů a posturálními reakcemi stabilizují motorickou soustavu. Cíl: udržení pozice vzhledem ke gravitaci, zacílení pohybů.
- Fázické řízení (funkce) motorické soustavy má na starosti změnu pozice. (phasis – řecký výraz pro „změna“) Cíl: změna pozice – lokomoce, pohyb paže apod.

Novorozenec slouží jako nejlepší příklad motorické soustavy, která stále vykonává naprosto nevyspělé posturální reakce. Funkce řízení postoje je postupně aktivována s vhodnými vstupními informacemi (aferencemi). Po narození dítě není ještě schopno vykonávat cílený pohyb, protože poloha jeho těla nemůže zatím být stabilizována vůči gravitaci.

1.2 Vrstvy svalstev trupu – inter-/segmentové a polysegmentové svaly

Svaly trupu a obecně pak všechny svaly v oblasti kloubů můžeme rozdělit do dvou skupin. Zaprvé je to inter- segmentové svalstvo a zadruhé potom krátké polysegmentové a dlouhé polysegmentové svaly.

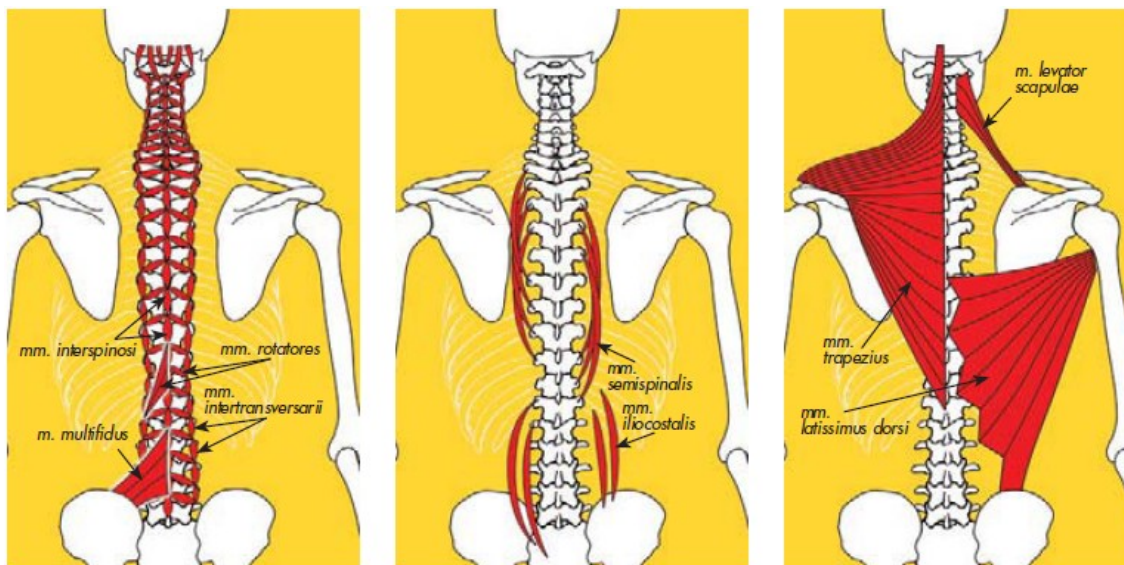
1.2.1 Segmentové svalstvo – známé také jako intersegmentové svalstvo

Segmentové svaly zakrývají pouze kloub nebo segment páteře (podle Junghanse = 2 sousedící obratle, pravý a levý meziobratlový kloub a prostor obsahující meziobratlovou ploténku). Sem patří především m. interspinozi, intertransversarii a rotatori, m. transversus abdominis, v oblasti kolene např. m. vastus medialis apod.

Poznámka: segmentové svaly zajišťují jemné doladění v rámci daného segmentu. Před započatím pohybu včas a dopředu upravují pozice kloubů v rámci daného pohybového segmentu - neboli v rámci anatomických mezí následují záměr učinit pohyb.

Komentář: mm. rotatores longi a m. multifidus představují přechod k polysegmentovým svalům. Co se jejich funkce týče, podporují (inter-)segmentální funkci, stejně jako to dělá m.transversus abdominis.

Pokud je řízení segmentového svalstva (např. po dlouhých a monotónních činnostech ve vzpřímené pozici nebo v sedě, nebo po akceleračních poraněních) pozměněno ve smyslu INHIBICE, musí povrchové dlouhé polysegmentové svaly vykonat STATICKOU PRÁCI. Polysegmentové svaly nejsou, co se řízení a metabolismu týče, na vykonávání takovéto činnosti po delší dobu vybaveny.



Obr. 1 Segmentové svaly; krátké polysegmentové svaly; dlouhé polysegmentové svaly [2]

1.2.2 Polysegmentové svalstvo

Polysegmentové svalstvo můžeme rozdělit do dvou vrstev:

- Krátké polysegmentové svaly vytvářejí střední vrstvu svaloviny trupu – pokrývají čtyři až šest segmentů.
- Dlouhé polysegmentové svaly vytvářejí povrchovou vrstvu a pokrývají více než šest segmentů.

Polysegmentové svaly v povrchové vrstvě jsou primárně určeny pro POHYBY zahrnující větší změny v délce svalů a úhlu kloubů. Patří sem například m. latissimus dorsi, trapezius, levator scapulae, rectus femoris atd.

Důležité: Pokud jsou polysegmentové svaly nuceny vykonávat delší dobu STATICKOU FUNKCI převážně IZOMETRICKY, jsou v důsledku této činnosti v nepřírozeném stavu a vysílají, neurofyzilogicky řečeno, nocicepční vstupní informace o jejich nadměrném napětí do centrální nervové soustavy. V důsledku toho změni CNS nastavení pružnosti svalu pro další sled pohybů a může toto potenciální poškození funkčnosti (nikoliv v psychogenním smyslu, ale ve smyslu informování o vratném nadměrném zatížení) interpretovat jako bolest.

1.3 Posturální funkce = řízení motorické soustavy (podle Véleho)

1.3.1 Posturální reakce

Posturální reakce stabilizují chování každého pohybu. Každý postoj musí být řízen vzhledem ke gravitaci tak, aby se šetřilo energií, a bez toho, aby vznikalo příliš dlouhodobé zatížení muskuloskeletálních struktur.

Každý pohyb začíná v určitém postoji = výchozí pozici a kulminuje určitým jiným postojem = konečnou pozicí (Magnáš). Prostřednictvím diferenciované aktivace (inter-)segmentových svalů zajišťuje řízení postoje, ihned po zformování záměru pohnout se, nastavení pozice jednotlivých segmentů těla. Právě pouze z této startovní pozice lze vykonávat pohyb či lokomoci. Řízení postoje musí jednat okamžitě na to, zda člověk zvedá lehký či těžký předmět, zda rychle či pomalu něco hází, sahá po něčem nebo se něco snaží chytit. Intenzita součinné aktivace (inter-)segmentových svalů se odvíjí od motorického záměru. Toto samozřejmě doprovází aktivita krátkých a dlouhých polysegmentových svalů, které se musí včas napřímít nebo v krátkosti stáhnout.

Klinicky se posturální reakce projevují vyrovnanou součinnou aktivací svalů, která v každém postoji a při každém pohybu zabraňuje zbytečnému vrávorání a nejistým pohybům, které by jinak vedly k nestabilnímu postoji či pohybu, nebo ke zvýšení nocicepční aference.

Drobné vrávorání je nezbytné, protože vhodným způsobem dodává větší množství informací o afreneci. Přílišné vrávorání nastat nesmí (motání hlavy). Žádaný není ani toporný či ztuhlý postoj, který by zase vedl k nadměrnému napětí a ke krátkodobému zvýšení nocicepční aference.

V tomto procesu jsou během provádění pohybu jisté klouby (páteř) a části těla (např. lebka, pánevní pletenec apod.) po určitou dobu udržovány ve stabilní poloze vůči gravitaci (=STABILIZOVÁNY).

Při natahování svalu naprogramování postoje navíc také určuje intenzitu řízení excentrické svalové aktivity. Například svalovou aktivitu m. quadricepsu femoris při chůzi po schodech dolů.

V neuro-ortopedickém konceptu je tedy při rehabilitaci motorické soustavy, stejně jako při senzomotorické terapii bolesti, klíčovým aspektem vyhodnocení stabilizační funkce CNS (=posturálních reakcí).

1.3.2 Koordinace segmentů = inter/ segmentová stabilizace

Dýchání, tlukot srdce a další projevy životních procesů nepřetržitě způsobují menší výkyvy těžiště vertikálně orientovaného těla. Úprava výkyvů těžiště probíhá v jednotlivých segmentech těla a to především koordinovanou aktivací segmentových svalů tak, aby byla při funkční stabilizaci kloubů nesoucích váhu minimalizována spotřeba energie – průmět těžiště těla tak zůstává v tzv. neutrální zóně. To vyžaduje velmi vysokou úroveň kvality řízení interakce segmentových svalů = segmentální koordinace.

Poznámka: intersegmentový = segmentový

Dobře řízená interakce segmentových svalů při jakékoliv aktivitě prováděné ve stoje či v sedě tvoří nezbytný základ bezbolestné statické činnosti svalů u kloubů nesoucích váhu.

Krátké polysegmentové svaly sehrávají svoji roli také při nastavování úrovně volnosti kloubů nesoucích váhu, ale to co je od činností uvnitř segmentu očekáváno nejvíce realizují především segmentové svaly.

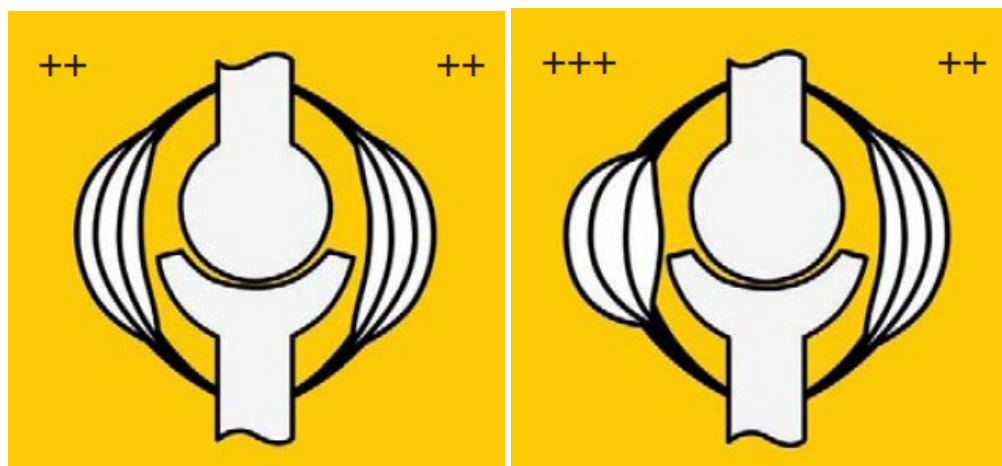
Tím řízení postoje spoléhá obzvláště na kybernetický princip součinné aktivace svalů, nazývaný též koaktivace.

1.3.3 Princip řízení součinné (ko-)aktivace svalů při posturální reakci

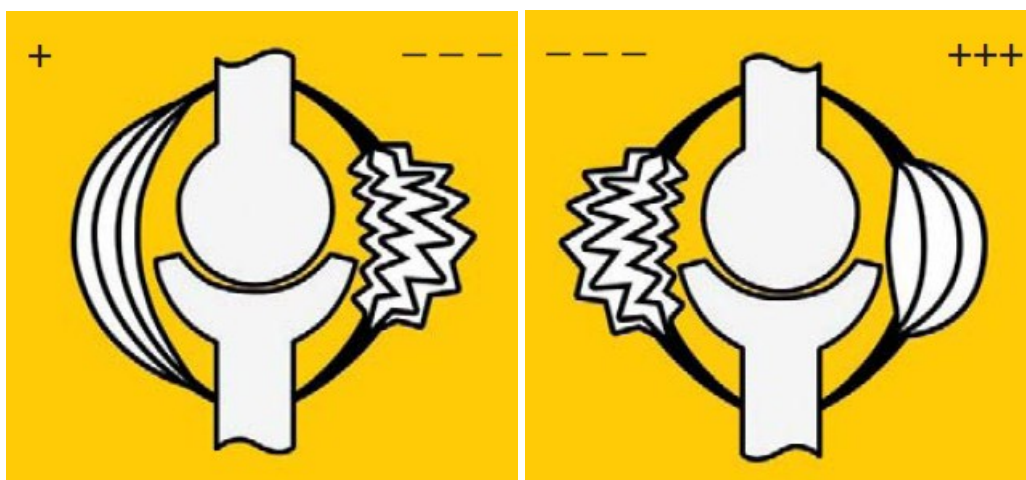
Součinná aktivace svalů znamená, že se oba svalové protějšky, které jindy mohou fungovat jako antagonisté, aktivují SOUČASNĚ, ale s rozdílnou intenzitou, aby tak udržely kloub v jedné poloze. Intenzita aktivace se průběžně a dynamicky mění podle toho, jak se přesouvá těžiště.

Obzvláště důležitá je excentrická aktivace svalů, která přiměřeně a cíleně snižuje svalovou aktivitu. Náhlé přerušení statické činnosti by vedlo k trhavému pohybu (nesouvislému).

Řízení excentrické svalové aktivace je jedním z nejtěžších úkolů, které má soustava motorického řízení na starosti.



Obr. 2 Příklady součinné aktivace svalů
++ průměrná aktivace svalů; +++intenzivní aktivace svalů [2]



Obr. 3 Příklady reciproční inhibice (uvolnění)
+ nízká aktivace svalů; --- výrazná inhibice; +++ intenzivní aktivace svalů [2]

1.4 Fázická funkce motorické soustavy

1.4.1 Změna pozice

Pokud je aktuálním cílem motorické soustavy změnit polohu části těla, případně těla celého, musí být dočasně utlumeny posturální programy. Nejsou kompletně potlačeny, protože to by mělo za následek nejasný a nestabilní pohyb. Namísto toho musí být posturální reakce utlumeny na přiměřenou a pečlivě zvolenou dobu.

Kybernetické řízení motorické soustavy se při změně pozice vyžadující větší změny v nastavení úhlu kloubu spoléhá na řídicí princip reciproční = antagonistické inhibice.

Například rychlý krok vpřed lze provést pouze pomocí rychlé a intenzivní aktivace flexorů kyčlí a současně inhibice kyčelních extenzorů.

Poznámka: Aby se trup mohl pohybovat dopředu, je nezbytná soustředná aktivace kyčelních extenzorů nohy nesoucí váhu a současná excentrická koaktivace kyčelních flexorů. To je opět příkladem posturální funkce motorické soustavy.

Posturální funkci (stabilizaci) nikdy nelze oddělit od fázického pohybu!

1.4.2 Řídicí princip antagonistické = reciproční inhibice ve fázické funkci

Dle principů antagonistické = reciproční inhibice jsou protějšky pohybujících se svalů antagonisticky oslabeny. Antagonisticky znamená: snížení aktivace svalu = inhibovaný = inhibuje aktivaci svalového protějšku. Ve fázické funkci se tento protějšek nazývá antagonist. (U posturální funkce ovšem ty samé svaly fungují jako součinitelé – např. při vstávání)

Důležité: SETRVAČNOST hmoty přispívá během fázického pohybu ke stabilizaci!

Co se pohybu týče, je SETRVAČNOST hmoty dalším důležitým stabilizačním prvkem, který nenastává při činnosti vykonávané během stoupání či posazování se.

Ve stoje a při sezení je včasné nastavení uvnitř daného segmentu řízeno posturálními programy, které se nespolehají na SETRVAČNOST hmoty. Ovšem při lokomoci pomáhá setrvačnost hmoty ovládat rovnováhu. Můžeme si například představit pomalou a rychlou jízdu na kole. Když jedeme rychle, je daleko snazší udržet si rovnováhu, protože setrvačnost je stabilizující faktor. Když ovšem jedeme pomalu, musíme se na udržení rovnováhy značně soustředit, protože se zde z větší části setrvačnost nezapojuje.

1.5 Posturální programy stabilizují také každý pohyb

Řízení postoje nelze jednoduše zredukovat na pozice ve stoje a v sedě. Každý pohyb musí být účelně stabilizován.

Posturální programy rozhodují o harmonickém snižování či zvyšování excentrické aktivace svalů během každého pohybu. To pomáhá předejít jakémukoliv nadbytečnému pohybu. Navíc musí být klíčové oblasti těla (=hrudní a pánevní pletenec), coby puncta fixa, během každého pohybu udržovány ve stabilní pozici bez toho, aby byla vyžadována jakákoliv větší úhybná činnost. To také zajišťuje řízení postoje.

1.6 Kybernetické řízení motorické soustavy

CNS zpracovává informace obdržené od senzorů (receptorů) a po zpracování vstupních informací odesílá příkazy výkonným orgánům. V sensorimotorické soustavě jsou výkonnými orgány svaly.

Když se chceme podívat na původ pohybu, musíme vzít na zřetel dvě příčiny vedoucí ke stažení svalu. Výstupní informace odeslaná do zakončení motorického nervu má za následek stažení svalů. To má svůj původ buď v CNS nebo je to spuštěno aferentní informací.

Obě příčiny mohou spustit odezvu, která bude mít různý vliv na tonus různých svalů. Citlivost svalových vláken se neustále mění.

Do jisté míry je řízení motorické soustavy hierarchické, jak je zde zjednodušeně ukázáno. V jiných ohledech tento proces zahrnuje aktivaci globálních holografických vztahů (trojrozměrná paralelní aktivace nervových buněk).

3 úrovně řízení sensorimotorické soustavy v CNS:

1. Mozková kůra (cortex cerebri)

- Chápání vjemů, asociací apod.
- Inicie vědomých pohybů apod.

2. Subkortikální (supraspinální) úroveň

- Výběr automatických motorických posturálních programů.
- Nastavení citlivosti a tonusu svalů ve funkčních pohybových řetězcích.
-

3. Úroveň páteře (mícha)

- Páteří lokomotorické generátory, rozdělení stimulů mezi alfa motorické neurony, aktivace svalových vláken.
- Svalová vlákna jsou ovládána alfa motorickými neurony; citlivost receptoru tahu určují gamma motorické neurony. Interneurony jsou zodpovědné např. za intenzitu nedobrovolné inhibice agonisty/antagonisty a za rozdělení stimulů na levou a pravou stranu.

1.7 Receptory pracující jménem sensorimotorické soustavy

Receptory jsou poslíčci, kteří centrální nervové soustavě hlásí informace o změnách v externích podmínkách nebo informace o interních procesech organismu. Receptory reagují na mechanické, chemické nebo jiné biologické stimuly změnou napětí svých membrán. Těmto změnám se říká šifrovaná data nebo druh informace. Nervová vlákna vedou tuto informaci (=data) ke zpracování do CNS (aferece = vstup = vstupní informace) nebo z CNS k výkonným orgánům (eference = výstup = výstupní informace).

Vjemy se nepřenášejí, přeneseny jsou pouze informace. Vjemy, brnění, velká citlivost, bolest apod. se objeví až poté, co CNS zpracovala příslušnou aferentní informaci! Informace je to nejdůležitější, co dokáže do chaosu vnést pořádek (N. Wiener).

Abychom mohli chápat posturální reakce, musíme vysvětlit význam následujících skupin receptorů:

- proprioceptory (v měkkých částech těla),
- receptory vestibulu (ve vnějším uchu) a vizuální receptory.

Proprioceptory - hlásí informace o délce a tonusu muskuloskeletálních struktur s ohledem na jeho zvýšení (+) či snížení (-), stejně jako o pozici kloubů, úhlové rychlosti a zrychlení nebo zpomalení pohybu kloubů.

Rozdělení proprioceptorů je dostatečně podrobně vysvětleno ve všech moderních knihách o fyziologii a proto jsme se rozhodli nepoužívat ilustrace a nepouštět se do přílišných detailů.

Funkce proprioceptorů: když dojde v muskuloskeletální soustavě ke změně poměrů délky a tonusu, je do míchy okamžitě odeslána zpráva, která na této úrovni spustí okamžitou neúmyslnou akci, která má dále měnit poměr tonusu ve svalových protějšcích - např. flexor/extenzor nebo externí/interní rotátory.

Tato propioceptivní informace je předána subkortikálním strukturám a bez jakéhokoliv záměru k pohybu spustí aktivaci celých řetězců svalů, které nepřetržitě upravují těžiště těla a končetin v rámci gravitačního pole.

Receptory vestibulu - předávají informace o směru gravitace z levé do pravé vestibulární soustavy a, stejně jako propioceptory, o statických či dynamických podmínkách.

Vizuální receptory - poskytují informace o pozici horizontu a o tvarech, vzdálenosti či o přibližování se k předmětům v prostoru.

Nociceptory - nocicepce je speciální druh informace. Vzniká v nociceptorech. To jsou volná nervová zakončení ve tkáni.

Dodávají informace o dvou riskantních podmínkách:

- funkční nocicepce poskytuje informace o zátěži na měkkých částech a o jakémkoliv možném riziku pro struktury (izomerie, ischemie apod.) bez jakéhokoliv poškození, které by bylo identifikovatelné makroskopickými metodami snímání (rentgen, MRT, CT apod.).
- strukturální nocicepce poskytuje informace o existující destrukci muskuloskeletálních struktur (zánět, hematom, podráždění nervového kořene, kontuze, pohmoždění atd.), které lze makroskopicky diagnostikovat za použití standardních metod snímání.

Vzhledem k tomu, že nocicepce zásadně ovlivňuje řízení tonusu svalu, nabídneme následující kapitola další podrobnosti.

Poznámka: nocicepce není ekvivalentem bolesti nebo vjemu bolesti!

1.8 Excitabilita tonických a fázických svalů

Lidské svaly mohou být rozděleny do dvou skupin, z nichž každá reaguje na zátěž klinicky různě.

Tonické svaly jsou více EXCITOVATELNÉ a jejich činnost doprovází funkční kontrakce, zatímco fázické svaly jsou INHIBOVANÉ, což lze diagnostikovat jako funkční oslabení.

Ani omezená elasticita ani oslabení svalů nejsou způsobeny destrukcí nervových buněk, ale změnou programování ve smyslu hyperexcitability a inhibice.

Fázické svaly. inhibice se projevuje spíše jako funkční než paretická slabost. Jinými slovy, slabost není způsobena poškozením nervových svazků nebo destrukcí alfa motorického neuronu, nýbrž programy podobnými softwaru, které probíhají v CNS – podobně, jako je tomu u únavy. Dysfunkce (nikoliv destrukce) zejména subkortikálních řídicích mechanismů může v této inhibici vyvolané slabosti trvat dny, týdny nebo dokonce měsíce.

Výsledkem je dlouhodobá změna rozložení tlaku v kloubech, což je primární příčinou degenerativního onemocnění kloubů (artrózy). Posturální terapie může tento stav „nepříznivého naprogramování“ posturálních reakcí (dysfunkce) trvale a podstatně změnit (Rašev 93).

Tonické svaly. Funkčně stažené svaly vykazují zvýšenou míru excitability (hyperexcitabilita) a zhoršují pohyb tím, že jsou aktivovány předčasně a to dokonce i v případech, kdy by měly být de facto inhibovány. Nejprve jsou diagnostikovány hypertonické, funkčně stažené svaly. Ty musí být léčeny technikami autogenní či reciproční inhibice, zejména sledem funkčních pohybů.

To často vede ke spontánnímu a výraznému zvýšení síly (ve smyslu schopnosti lepší aktivace) inhibovaného antagonisty.

Na hyperexcitované a inhibované svaly je ovšem potřeba nahlížet jako na jednu jednotku.

Snížená excitabilita jistých svalů může být celkem rušivá pro posturální reakce a může být ovlivněna např. exteroceptivními stimuly (funkční přelepení páskou apod.) nebo různými technikami pro ulehčení.



Obr. 4 Exteroceptivní ulehčení tonusu inhibovaných fázických svalů formou funkčního přelepení páskou lopatkových fixátorů, podle MUDr. Raševa (1993) [2]

1.9 Vegetativní nervová soustava pracující pro motorickou soustavu; pojivová tkáň

Každému vyjádření motoriky musí předcházet energetický vstup a musí být neustále podporováno. Vedlejší produkty svalové kontrakce se musejí odvést. Tyto logistické úkony (dodávky a odstraňování) má na starosti neurohumorální = vegetativní nervová soustava. Tuto soustavu, která je nadřazená motorické soustavě, charakterizuje následující: spuštěná vegetativní reakce začne pomalu a trvá i dlouho poté, kdy už jí není potřeba.

Na elasticitu pojivové tkáně má značný vliv vegetativní nervová soustava.

Řídící programy se nacházejí v CNS (mozkový kmen, talamus atd.). Nezávisle na monotónnosti vstupních informací je tělo, díky neustále se zlepšujícím oděvům a klimatizaci, stále lépe chráněno proti změnám teplot.

V průběhu života se často reakce centrální nervové soustavy na změny v teplotách objevují pouze v omezené míře. V důsledku toho se nezbytná přizpůsobivost (změně podmínek) vegetativní nervové soustavy částečně vytrácí.

Vegetativní programy jsou celkem snadno ovlivnitelné náhlými otřesy mozkového kmene a dalších mozkových struktur.

Hypertenze krku způsobená pomalými pohyby krku zezadu strukturu krční páteře výrazně nepoškodí. Rychlé pohyby v této oblasti způsobí v krční páteři na krátkou dobu velké změny aference.

Vedle senzomotorického řízení je celkem často na delší dobu ovlivněno a pozměněno také vegetativní řízení. Potvrzují to změny vegetativních reakcí, jako je například zvýšené pocení. Jakoby softwarové selhání vegetativního řízení se klinicky projevuje změnou elasticity pojivové tkáně - zvýšení (+) nebo snížení (-). Buď jsme svědky zvýšené tendence ke stažení pojivové tkáně nebo oslabování tkáně, což může vést až k mezenchymální nedostatečnosti, kterou může doprovázet obecná kloubní hypermobilita.

Taková vrozená či získaná kloubní hypermobilita vždy poukazuje na slabý článek motorické soustavy, i když se nejedná o nemoc jako takovou. Zvyšuje se potřeba přesnosti řízení posturálních reakcí a proprioceptivní informace z hypotonických měkkých částí jsou signalizovány nedostatečně a možná i příliš pozdě. Výsledný špatný čas odezvy vede ke zvýšené tendenci k distorzím apod., protože se řízení musí spoléhat na nedostatečnou a často pozměněnou aferenci (zvýšení nocicepce).

Posturální terapie se zařízením Posturomed může napomoci, mnoho těchto dysfunkcí normalizovat. Posturomed je tedy velmi důležitý při léčení hypertenze krku apod.

1.10 Vysvětlení klinické funkční segmentové nestability na příkladu kolenního kloubu

Polysegmentální svaly pokrývají několik segmentů. Z hlediska funkčnosti je koleno také pohybový segment. M. rectus femoris je dvoukloubový sval = polysegmentální sval. Z klinického hlediska se jedná o typický příklad tonického svalu. Mm. vasti jsou (inter-) segmentální svaly kolenního kloubu. Jsou to typické fázické svaly a reagují inhibicí = funkčním oslabením.

Funkční nestabilita kolenního kloubu způsobuje, že jsou mm. vasti pro statickou činnost často aktivovány příliš pozdě a že v tomto případě musí m. rectus femoris převzít větší část statické funkce. Klinicky reaguje tak, že začne být hypertonický a začnou se na něm vytvářet spouštěvé body, případně pociťujeme bolest svalového úponu. Jinými slovy je funkčně zkrácený, což potom mění biomechaniku kolenního kloubu. Změní se protáčivě-klouzavé pohyby kolenního kloubu a kvůli dlouhodobým změnám v kloubních tlacích dojde k „předprogramování“ degenerativního onemocnění kloubu (artróza).



Obr. 5 Funkční přelepení páskou na inhibovaném m. vastus medialis [2]

2 Bolest a motorické funkce

2.1 Nocicepce

Každá živá bytost potřebuje včasné varování před interními (z vlastního organismu) i externími riziky. Aferentní informace o rizicích ohrožující integritu organismu mohou spustit včasné reakce, které fungují jako prevence krátko- i dlouhodobého poškození.

Termín "nocicepce" označuje informace z volných nervových zakončení (nociceptorů), které zaznamenávají jisté druhy rizik, které potom hlásí centrální nervové soustavě.

Nociceptory se nacházejí ve všech měkkých částech (svaly, pojivová tkáň, stejně jako ve vnitřních orgánech, kůži, okostici), ale nejsou v chrupavkách, parenchymových orgánech, nervové tkáni a uvnitř kostí.

Všechna rizika nociceptory nezachytí. Co se ale motorických funkcí týče, potřebujeme rozlišovat dva důležité zdroje nocicepce, které lze definovat celkem dobře.

2.1.1 Strukturální nocicepce = nocicepce v případě zničení struktur

Strukturální nocicepce nastává v případě znecitlivění nociceptorů v důsledku destrukce (poškození) struktury motorické soustavy. Struktury mohou být zničeny fyzickým či chemickým podnětem. Tato nociceptivní informace je odeslána do CNS, což v senzorimotorické a vegetativní soustavě okamžitě spouští ochranné reakce různého typu.

V některých oblastech těla žádné nociceptory nejsou. Pokud například v játrech či mozkové tkáni narůstá metastáze, postižená osoba to necítí. Až když se obal pojivové tkáně (membrána) orgánu rozšíří, tak daný člověk cítí bolest, protože v ten moment dojde k excitaci nociceptorů. Dalším příkladem je podráždění obalu kořene nervu způsobené posunem tkáně meziobratlové ploténky nebo osteofytem, zánětem kloubu atd.

Vyhřezlá ploténka nebo jakákoliv jiná nesporná patomorfologie jsou často z hlediska nocicepce naprosto "tiché". Pokud se na MRT snímku zdá, že se dvě struktury dotýkají, ještě to automaticky neznamená, že na sebe mají nociceptivní vliv (podráždění), obzvláště potom, když je k dispozici kvalitní řídicí mechanismus segmentové koordinace.

Každý nerv se nachází v blízkosti různých struktur, což ale neznamená, že je automaticky zaškrcený nebo podrážděný. Skutečné podráždění nervu vždy doprovází jasné klinické symptomy.

Jestliže je posturální programování efektivní, pacient často necítí vůbec žádnou bolest, navzdory tomu, že by jeho rentgenový nálezný jakýkoliv rentgenolog považoval za nápadně patologický.

Závisí to na aktuálním nastavení mechanismů řídicích postoj, které jsou klíčové pro segmentové řízení svalů.

2.1.2 Funkční nocicepce = nocicepce v případě přílišného zatížení struktur

Tento druh nocicepce je v každodenním životě nejběžnější, i když ho má většina terapeutů (pain therapist) tendenci až příliš často přehlížet!

Objevuje se v případě přílišného zatížení, jako je třeba zvýšený ohyb ve strukturách měkkých částí nebo jako součást dlouhodobější izometrické aktivace svalů.

IZOMETRIE je vždy nociceptivní!

Každý jasný případ svalové ischemie je nociceptivní!

To je odlišné od strukturální nocicepce, protože to je plně vratné. Po eliminaci této nocicepce zůstává příslušná tkáň naprosto a morfologicky neporušená. Pokud ovšem dysfunkční řízení měkkých částí přetrvává, aktivují se fibrocyty, což vede k proliferaci pojivové tkáně. Toto je přechodný stav a až do určitého stupně intenzity může být plně navrácen.

„Akumulace funkční nocicepce může způsobit i více bolesti než patomorfologicky očividný, ale plně vykompenzovaný stav. Spondylofyty, kalcifikace, vyhřezlé meziobratlové ploténky atd. bez aktuálního podráždění jsou na snímcích MRT často nociceptivně tiché.“

Intenzita bolesti se neodvíjí od toho, jestli byly struktury již zničeny nebo jestli je nocicepce plně funkční.

Na čem ale záleží, je kvantita aktuální nociceptivní aference a aktuální stav CNS, obzvláště pak mozkové kůry. Řídící mechanismus vstupní brány (input gate) může sloužit jako spinální a supraspinální bariéra nocicepce.

Funkční nocicepce má většinou příčiny v postoji a vzniká dysfunkcí řízení postoje.

2.2 Nocicepce a svalový tonus

Nociceptivní aference ovlivňuje excitabilitu neuronálních sítí a tím také motorickou eferenci. Podle Brüggera toto způsobuje, že daný člověk dělá neúmyslné vyhýbavé pohyby. Ochranný program řídí vyhýbavý postoj nebo pohyb tak, aby se organismus vyhnul nociceptivnímu místu. Brügger tvrdí, že takto nociceptivní aference přeprogramovává motorickou funkci, protože cílem je zamezit poškození struktury.

Počáteční motorická reakce na nociceptivní aferenci se spouští v míše. Objevuje se v interneuronech a projevuje se změnou excitability svalových vláken. Tak se změní tonus svalu v daném segmentu bez toho, aby příslušný člověk musel cítit bolest. Ovšem jedním z dlouhodobých důsledků by mohlo být neekonomické rozložení tlaku v kloubu, což by mohlo způsobit artrózu.

2.3 Nocicepce a bolest

Bolest je cítit, až když nocicepce dosáhne mozkové kůry. Tento moderní pohled potvrzují podmínky, ve kterých mozková kůra dostává jiné úkoly. Bolest je mírněna rozptýlením v podobě zvýšené pozornosti, zatímco pozitivní emoce mohou také redukovat vývoj bolesti dokonce i když nocicepce zůstává neměnná. Tento fakt je obecným základem celé řady psychoterapeutických metod.

Důležité: ve většině případů je psychoterapie jakožto terapie bolesti či používání léků na bolest naprosto scestné, pokud se člověk zároveň nezaměří na posturální patologii svalového tonusu (funkčně způsobenou nocicepcí). Ovšem obecný emoční stav je důležitý pro jakoukoliv formu terapie bolesti. Lidé s negativním životním postojem či náladou budou z terapeutických cvičení těžit jen minimálně a dokonce je ve většině případů nechají na holičkách i morfiové léky. Správná motivace je důležitým předpokladem jakékoliv posturální terapie. Vzhledem k tomu, že je posturální terapie založená na POSTUROMEDu pro většinu pacientů zajímavá, protože jim umožňuje již brzy vidět kvalitativní i kvantitativní změny v jejich vlastní koordinaci, je tento předpoklad ve většině případů léčení podle MUDr. Raševa splněn.

2.4 Izometrická aktivace svalů a nocicepce

Častým zdrojem funkční nocicepce je dlouhodobější izometrická aktivace polysegmentálních svalů. To se pravidelně objevuje ve spojitosti s dysfunkcí segmentální koordinace.

2.5 Nocicepce posturální etiologie = v případě posturální dysfunkce

V důsledku dysfunkční úpravy puncta fixa před vykonáním pohybu jsou šlachy a svalová vlákna vstaveny přílišnému napětí a ty tak musejí zvládat větší část statické činnosti.

2.6 Bolest zad vzniklá postojem – nejběžnější bolest každodenního života

Tento druh bolesti zad ZÁVISÍ OD POSTOJE a objevuje se s monotónním postojem, při stoupání si, při pomalé chůzi nebo během posazování se a obzvláště pak při změně pozice. Segmentální koordinace je v těchto případech nedostatečná.

To vytváří bolestivé tendomyózy v povrchových svalech. Tyto tendomyózy indikují změny mechanismů řízení postoje. Během lokomoce (např. rychlé chůze) je tělo stabilizováno setrvačností hmoty, což je důvodem toho, proč se postojem způsobená bolest během lokomoce zlepšuje.

To ji odlišuje od strukturně vzniklé bolesti, jako je například bolest vyvinutá ve spojitosti se zánětem nebo podrážděním míchy či páteřních nervových kořenů, které vzniklo zejména pohybem nebo zátěží.

Organicky nebo strukturně (ve spojitosti s patomorfologií orgánových struktur) způsobená bolest se naštěstí vyskytuje pouze zřídka.

2.7 Léčení bolesti lékem

Toto je vhodné pouze ve spojitosti s akutní strukturně zapříčiněnou nocicepcí. Podle mé zkušenosti se toto týká přibližně 5-8% pacientů, kteří pravidelně dostávají od svých rodinných lékařů, ortopedů, chirurgů a neurologů prostředky pro utlumení bolesti.

V každém případě by bolest způsobená postojem neměla být léčena léky. Ošetření posturální bolesti spočívá v aktivaci řídicích mechanismů segmentální koordinace. Koncept posturální terapie byl vyvinut v roce 1992 za použití POSTUROMEDu a následně PROPRIOMEDu Dr. Raševem.

Poznámka: V případě tumorů nebo akutních případů chronické polyartritidy nebo nocicepce vzniklé traumatem je ošetření bolesti léky samozřejmě tou nejvhodnější volbou. S těmito případy se nicméně setkáme především u revmatologů nebo chirurgů ošetřujících ambulantní pacienty, nikoliv však u rodinných doktorů, konzervativních ortopedů a zcela jistě ne u odborníků na fyzickou medicínu a rehabilitaci. Poslední zmíněná skupina včetně fyzioterapeutů ošetřuje primárně chronickou bolest ovlivňující motorickou soustavu, jejíž příčina se často dohledá v problémech s postojem.

Proč vidáme stále více a více bolesti způsobné posturálně?

V naší moderní společnosti jsou aferentní senzorické informace z receptorů (proprioceptorů atd.) kvůli zvyšující se monotónnosti našeho postoje stále více redukovány.

Posturální bolest je při vykonávání rozličných činností ve stoje, v sedě nebo při změně pozice tak běžná, protože se zvyšuje počet centrálních dysfunkcí posturálních programů, např. kvůli přílišné zátěži nebo vyčerpání, stejně jako při menších nárazech zezadu apod.

2.8 Koncepty terapie bolesti s ohledem na motorickou soustavu

2.8.1 Lokální koncept

Dívat se na etiologii bolesti lokálně je nejběžnější praxe, která je ale naneštěstí ve většině případů špatná. Je založená na předpokladu, že se příčina bolesti nachází přesně na tom samém místě, kde je cítit bolest – to je správná interpretace v případě traumat, ovšem zase špatná, co se týká příčin posturální bolesti. Přirozeně potom následuje pokus, údajnou příčinu bolesti ošetřit lokálně – injekcemi, různými druhy fyzikální terapie atd. Často tudíž dochází k opětovnému zhoršení stavu, protože nebyla léčena příčina bolesti.

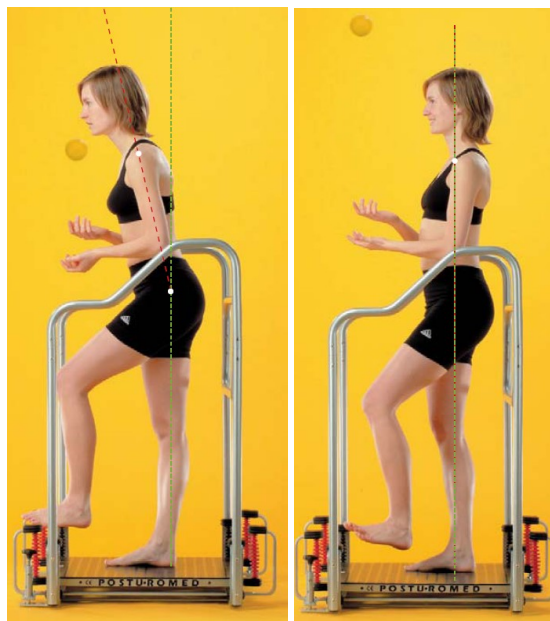
2.8.2 Funkční koncept

Proběhne analýza postoje a držení pacientova těla při chůzi, provedou se testy pomocí dýchacích technik, stejně jako funkční testy dynamické stability (posturální reakce – testuje se segmentální koordinace), aby byl identifikován nejslabší článek funkčního řetězce. Aplikují se 3 terapeutické fáze (kapitola 4), během kterých se po každé intervenci a po každé technice neustále monitorují změny svalového tonusu. Pokud je dosaženo zlepšení kvality posturálních reakcí, je možnost opětovného zhoršení stavu je minimalizována.

2.9 Úloha posturálních reakcí v terapii bolesti

Neustálou změnou intenzity aktivace součinných svalových skupin napomáhají posturální reakce stabilizovat motorické funkce. To umožňuje s každým pohybem upravovat míru uvolnění kloubů a a tím je stabilizovat vůči zbytečným výkyvům.

Jestliže funkční stabilizace motorických funkcí vyžaduje dlouhodobější, intenzivní flexi dlouhých polysegmentálních svalů, výsledkem bude posturální bolest.



Obr. 6 Špatné upravení puncta fixa v oblasti pánve kvůli zvýšené aktivitě m. iliopsoas; dobré upravení puncta fixa v oblasti pánve, společně s dobře provedenou flexí volné nohy [2]

Tato bolest je v dnešní době nejběžnější a nikdy ji nelze trvale vyléčit pomocí léků - pouze pomocí technik posturálního ošetření.

V případě organických chorob / stavů (vyhřezlá ploténka atd.) může být posturální terapie plně dostačující klinickou kompenzací.

To znamená, že pacient je bez symptomů navzdory tomu, že daný stav lze ještě stále identifikovat pomocí CT nebo MRT. Pacient nicméně může mít trochu redukovaný rozsah pohybů.

Za předpokladu, že efektivní segmentální koordinace může dostatečně funkčně stabilizovat meziobratlový prostor a nedochází k podstatnému dráždění tvrdé pleny mozkové rozsáhlým prolapsem nebo osteofytem apod.

Termín „funkční stabilizace“ zahrnuje s ohledem na postoj či pohyb dva prvky:

- CNS v těle automaticky definuje body, které slouží jako opora, a které jsou upraveny trakcí svalů tak, aby sloužily jako stabilní a pevné body pohybu (latinsky puncta fixa).
- Tím se nastaví instezita součinné spolukontrakce svalů, především pak s ohledem na (inter-)segmentální a polysegmentální koordinaci.

2.10 Neuro-ortopedická = senzorimotorické terapie bolesti

Při ošetřování bolesti, která má vliv na motorickou soustavu, získává koncept posturální terapie stále silnější pozici. Skládá se ze tří komponent či fází, které jsou popsány ve čtvrté kapitole.

3 Posturální dysfunkce

Fyzioterapeutické a neuro-ortopedické názvosloví se vyvíjela nezávisle na sobě – z toho důvodu poukazují výše zmíněné termíny na ten samý stav. Tím chci zdůraznit to, že jsou v závislosti na příslušném zdroji dané myšlenky v senzomotorické terapii označovány stejné stavy různými termíny.

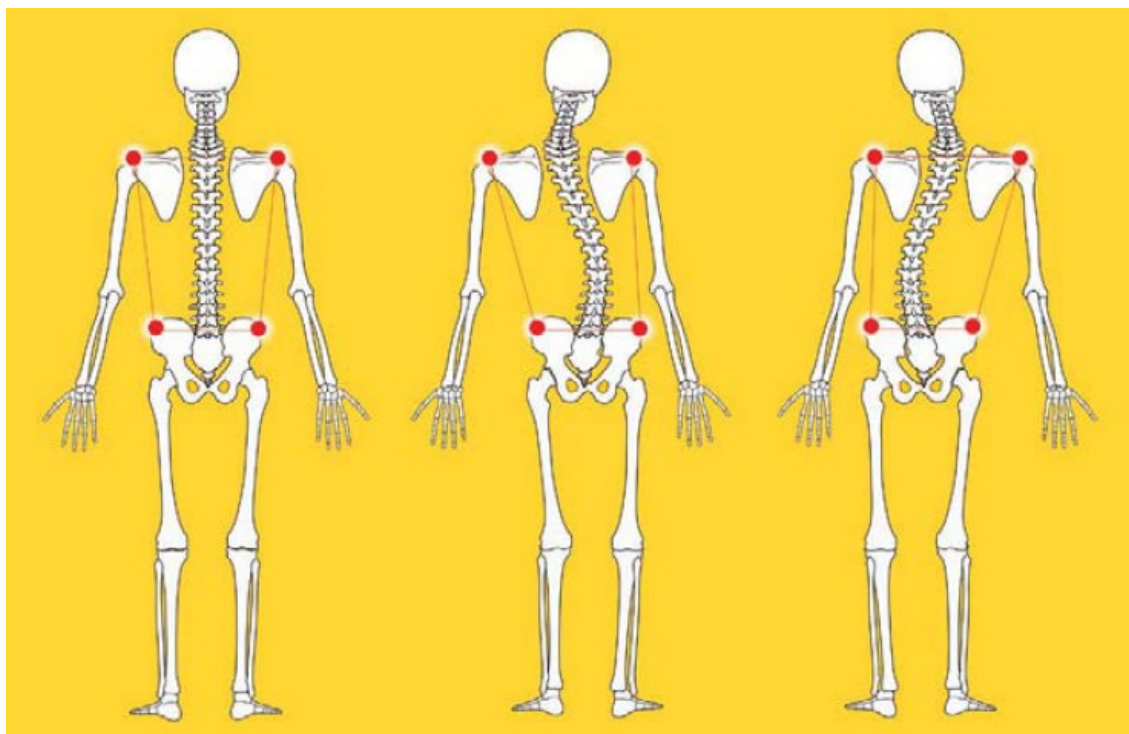
Funkční nestabilitu nelze stanovit pasivními testy (vzdálenost prstů od podlahy, určení rozsahu pohybu atd.), ale pouze standardizovanými testy formou dráždění!

Funkční = posturální segmentální nestabilita znamená, že je (inter-)segmentální svlastvo

při statické činnosti nedostatečně aktivováno. V takovém případě musí polysegmentální svaly ulevit (inter-)segmentálním svalům, což vede k přílišné zátěži a často i bolesti.

Klinicky se funkční nestabilita diagnostikuje na základě více výkyvů v hrudním a pánevním pletenci a to pomocí standardizovaných klinických testů formou dráždění – např. chůzí na místě s přesným koordinovaným pohybem volné nohy (důležité kvůli standardizovanému přesunu těžiště) na povrchu POSTUROMEDu, jehož nestabilitu lze přesně nastavovat, a zároveň se občasné provádí krátkodobý stoj na jedné noze a vyrušuje se pacientova pozornost (to slouží k otestování řídicího mechanismu dopředné vazby) Rašev 1992.

Poznámka: termín „funkční“ není v žádném případě ekvivalentem slova „psychogenní“. „Funkčně posturální“ označuje klinické projevy posturálních programů s ohledem na svalový tonus. Existují také psychogenní příčiny, ty mají ale globální vliv a projevují se zvýšenou tendencí k flexi trupu se všemi statickými, posturálními důsledky, posturálně způsobenou bolestí atd.



Obr. 7 Inter- segmentální dyskoordinace = posturální dysfunkce [2]

3.1 Příčiny posturální dysfunkce

Obecně platí následující:

- všechny dlouhodoběji působící nebo podstatné změny periferních vstupních informací mohou změnit centrální řídicí mechanismy, podobné softwaru, nebo
- změnu řídicích mechanismů způsobují dysfunkce, které se vyskytují především centrálně (např. po vysoké horečce, v případě dlouhotrvající mozkové ischemie, otřesy mozku atd.)

Obě příčiny mohou být způsobeny změnami v „softwaru“ (=STAVY INHIBICE!!) nebo „hardwarovými“ podmínkami (destrukce struktur CNS způsobená zánětem, destrukcí buněk apod.)

3.1.1 Centrální příčiny posturální dysfunkce – důsledky pro terapii

- funkční příčina; ve spojitosti s chronickým vyčerpáním, otřesem mozku, vystavení vysokým teplotám atd. Důsledky pro terapii – prognóza: je možné přeprogramování; je možné restitutio ad integrum, pokud zůstala zachována buněčná integrita.
- strukturální = patomorfologická = organická příčina; pokud byly zničeny důležité klíčové oblasti neuronálních sítí, např. krvácení do mozku, absces, demyelinizace, amyloidóza, mozková atrofie, tumor, metastáze atd. Důsledky pro terapii – prognóza: vzhledem k poškození struktur není možné přeprogramování; restitutio ad integrum není funkčně možné; musí být zavedeny náhradní programy – např. pomocí Vojtovy terapie apod. Prognóza se odvíjí od kvality aferentních informací a od toho, jak terapeut povede ošetření. Kritický je zde časový faktor – jak pro cvičení tak pro regeneraci.

3.1.2 Periferní příčiny posturální dysfunkce – důsledky pro terapii

- způsobené funkčně náhlými změnami aferentních informací nebo monotónními aferencemi (např. dlouhodobé sezení). Důsledky pro terapii – prognóza: je možné přeprogramování, stejně jako restitutio ad integrum.
- patomorfologická příčina; způsobeno redukcí receptorů – např. polyneuropatie, popáleniny na velkých plochách kůže apod. Důsledky pro terapii – prognóza: přeprogramování na bázi zničených struktur je možné pouze za určitých okolností; restitutio ad integrum je funkčně možné pouze pokud počet zničených receptorů nepřesáhl určitou úroveň a pokud je kvalita centralizovaného zpracovávání stimulů stále efektivní. Pokud je kvalita centrálních programů špatná, prognóza není slibná.

3.2 Začarovaný kruh pohybových poruch

Tělo nejprve zakouší zvýšení nocicepce patomorfologické etiologie (např. po kontuzi nebo zánětu kloubu apod.). To dává v CNS vzniknout změně sekvence a intenzity aktivace svalů, které ovlivňují příslušné poraněné nebo nociceptivně aktivní místo. Tomu se natýká

ochranná funkce. Svaly, které nociceptivnímu místu ulevují, začnou být hyperaktivní, zatímco svaly, které podporují nocicepci, budou inhibovány (podle Brüggera).

Tato ochranná funkce je naprosto smysluplná v době, kdy je integrita těla vystavena akutnímu riziku.

Když ale patomorfologicky způsobená nocicepce pomine, měla by pominout i tato ochranná funkce, protože její dlouhodobé trvání může způsobit neekonomické rozdělení tlaku v kloubech.

Tato ochranná funkce ovšem často přetrvává i přesto, že patomorfologická nocicepce již opadla (kontuze se vyléčila). Tato změna v řídicím mechanismu způsobuje z dlouhodobého hlediska chronické přílišné napětí měkkých částí a spustí tak další nociceptivní zprávu.

Circulus vitiosus, začarovaný kruh, je tak uzavřen. Nová nocicepce je indikací přílišného napětí a nesignalizuje destruktivní proces, jak tomu bylo na začátku u patomorfologicky vzniklé nocicepce. Tato situace vyžaduje „přeprogramování“ řídicích mechanismů!

3.3 Klinická diagnóza posturálních poruch podle MUDr. Raševa

Funkční segmentální nestabilita je charakterizována velkými výkyvy hrudního a pánevního pletence při vykonávání standardizovaných testů formou dráždění.

Bez pohybu nelze funkční nestabilitu přesně určit; to samé platí i pro stání se zavřenýma očima nebo pro jakoukoliv pozici, která vyžaduje stání na jedné noze.

Nároky na řídicí činnost centrální nervové soustavy musí být podstatně zvýšeny a individuálně a pomocí standardizovaných metod měřeny, aby se dospělo ke spolehlivým závěrům o klinických posturálních reakcích. Diagnostické procedury musí být nejdříve systematizovány, aby se dalo mluvit o cílené diagnóze a terapii.

A právě tato cílená diagnóza a terapie je nyní díky neuro-ortopedické terapeutické plošině POSTUROMED poprvé možná.

Sedm úrovní náročnosti stimulace posturálních reakcí na POSTUROMEDU bylo systematizováno tak, aby mohl každý terapeut dosáhnout stejných objektivních závěrů o funkční stabilitě či nestabilitě pacienta. Spolehlivost a platnost je tudíž zaručena.

3.4 Strojová diagnóza objektivních posturálních poruch

Faktem je, že strojové měření síly svalů nebo rozsahu pohybů vypovídá o řízení funkční stabilizace jen velmi málo.

Posturální stabilizace může být vyhodnocena pouze pomocí jistých testů, kterým předchází „dráždění“ řízení centrální nervové soustavy vedoucího ke zvýšení jejího stabilizačního výkonu. Dysfunkce funkční stabilizace se projevuje pacientovou neschopností udržet jisté oblasti těla (puncta fixa) v klidu. To znamená, že jisté body na těle vykazují po určitou dobu zvýšené výkyvy - úhybné a kolísající pohyby při standardizovaných posturálních reakcích.

Takové standardizované situace lze ideálně navodit na podstavci, který je udržován v nestabilní poloze v pečlivě měřených dávkách. To vyžaduje schopnost přesunout váhu těla z jedné nohy na druhou bez jakéhokoliv přechodu a přitom chodit na místě, jak tomu je u lokomoce, ale bez dodatečné stabilizace setrvačností hmoty.

Hlavním úkolem řízení CNS je stabilizace postoje na jedné noze, který je požadován okamžitě po co nejrychlejší chůzi na místě, na povrchu, který je pečlivě proměřeným způsobem udržován nestabilní, a udržení dostatečné rovnováhy.

Od roku 1995 vyvíjí Dr. Rašev z oddělení Rehabilitační medicíny a fyzioterapie společně s Dipl. Ing. Sládkem, inženýrem z pražské Technické univerzity, novou somato-oscilografii (SOG) – multisegmentální postrurografii s frekvenční analýzou výkyvů a kolísání částí těla. Tato nová diagnostická metoda může být použita i při analýze držení těla při chůzi a umožňuje zaručit kvalitu a provádět funkční diagnózu posturálních poruch.

Firma ZEBRIS podporovala tento výzkum od samotného počátku. Program včetně frekvenční analýzy pohybu lze získat od firmy ZEBRIS.

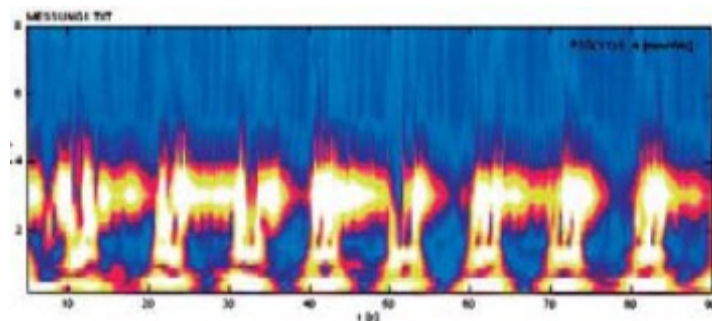
Každý pohyb bodu na těle sestává z několika frekvencí, které ovšem nemohou být zobrazeny kinematickou projekcí. Z tohoto důvodu se používají spektrogramy. Ultrazvukové signály jsou transformovány ve spektrogramy, které do analýzy motorických funkcí zavedli zmiňovaní dva autoři.

Spektrogram je trojrozměrná grafika zobrazující frekvence úhybných pohybů v čase, přičemž amplituda frekvencí je znázorněna barvou (třetí rozměr).

Barevná škála: modrá – žádná amplituda; purpurová – nízká amplituda; žlutá – velká amplituda; bílá – maximální amplituda

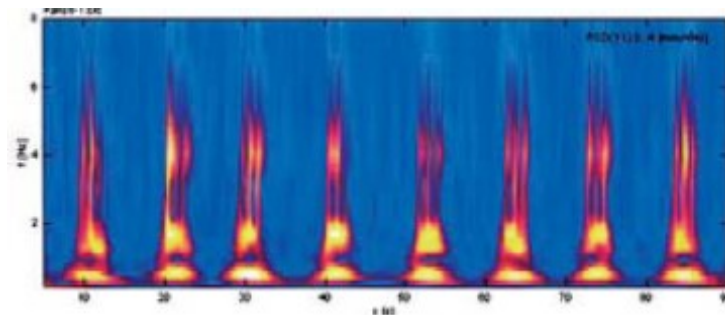
Srovnání dobré postojové stabilizace na příkladu špatné stabilizace u pacienta s typicky posturálně způsobenou bolestí, bez jakékoliv patomorfologie muskuloskeletálních struktur:

Obě testované osoby dělaly každých osm vteřin tři kroky na povrchu terapeutického POSTUROMEDu s odbrzděnými oběma brzdami a opakovaně se dle předurčeného scénáře na osm vteřin stavěly na jednu nohu.



Obr. 8 Spektrogram - nestabilní

Toto je jasný obraz výrazné posturální nestability, která se klinicky projevuje jako silná posturální bolest trvající několik měsíců. Psychologicky vyrovnaný pacient disponuje zcela běžnou silou svalů, nemá známky motání hlavy, nevyskytují se u něj žádné neurologické selhání nebo známky podráždění a snímky diagnostických metod (CT, MRT) neprokazují viditelné stopy. Při postoji na jedné noze lze velmi dobře pozorovat pokračující frekvenci přibližně 3 Hz s amplitudami odpovídajícími velkému množství úhybných pohybů.



Obr. 9 Spektrogram - stabilní

Zdravá, posturálně vyvážená osoba, bez jakékoliv bolesti zad. V průběhu celých osmi vteřin vidíme ideální stabilizaci postoje na jedné noze. Frekvence kolem 1 Hz odpovídá frekvenci kroků provedených na místě v obou případech. To vypovídá o efektivním používání intersegmentální svaloviny. Dobrá segmentální koordinace a dobrá postojová stabilita. V obou případech byla použita a udržována stejná kalibrace.

4 Základy každé terapie bolesti v závislosti na motorické soustavě

4.1 První fáze ošetřování jakékoliv motorické dysfunkce (podle Jandy)

Sem patří převážně místní optimalizace aferentních informací s exteroceptivními účinky a techniky autogenní či reciproční inhibice.

Příklady terapeutických technik první fáze:

- „Hot roll“
- Myofasciální ulevující techniky (měkké části)
- Manuální medicína a chiropraktická terapie (různé techniky)
- Terapeutické techniky spouštěcích bodů
- Neurální terapie
- Kryoterapie
- Exteroceptivní techniky apod.

Tyto techniky prý značně snižují funkčně způsobenou nociceptivní aferenci.

Po opatřeních první fáze se zhruba u 30% pacientů posturální reakce normalizují. Většina posturálních bolestí zmizí a ihned po ošetření se zlepší řízení posturálních programů, přičemž následuje krátké zotavování.

Použijme jedno porovnání: kliknutí na správný soubor v programu, zadání správných informací optimálním vstupem z klávesnice počítače.

Tato optimalizovaná informace se vytvoří v receptorech kůže a měkkých částí jako důsledek aplikace výše popsaných technik. Řada terapeutických zařízení techniky první fáze ignoruje nebo podceňuje.

4.2 Druhá fáze jakékoliv fyzikální terapie

Spočívá v terapii založené na funkčních pohybových řetězcích a na vzdálenější antagonisty je také aplikována autogenní a reciproční inhibice.

Příklady terapeutických technik druhé fáze:

- Techniky podle Brüggera
- PNF
- Bobath apod. (do určité míry)
- Cvičení pomocí Thera-Bandu a podobných elastických pásů, které napomáhají aktivaci celých svalových řetězců

Po cvičeních a přínosech autogenní a reciproční inhibice ve funkčních pohybových řetězcích, zažívá dalších 30-40% pacientů normalizaci posturálních reakcí, které pokračovaly jako pozůstatek po ochranných reakcích, i když nocicepce už polevila. Tito pacienti potom už nevykazují žádné další symptomy.

Úspěch těchto technik závisí do značné míry na tom, zda je terapeut schopen aplikovat správný odpor na správné řetězce svalů.

5 Pojetí proprioreceptivní terapie držení těla (PPT) podle MUDr. Raševa

5.1 Principy proprioreceptivní terapie držení těla (PPT)

V terapii držení těla podle Raševa se poprvé používá měřená stimulace segmentové koordinace v kombinaci s vývojem dopředné vazby (kontrola anticipace) a automatizace zpětné vazby na jedné speciálně navržené terapeutické plošině (POSTUROMED).

Nastavitelná nestabilita terapeutické plošiny POSTUROMED stimuluje odezvu držení těla individuálně měřeného chování.

Chůze na místě je přesně definována, což platí také pro stoj na jedné noze po krátký okamžik za účelem dosažení správné rovnováhy v těžišti. Během stání na jedné noze po krátký okamžik se provádějí speciální, pečlivě diferenciovaná cvičení, která zahrnují jak sagitální rovinu, tak rotační cvičení.

Odvedení pozornosti jedince od jeho držení těla a zaměření se na speciální cvičení spočívá v rozvíjení dopředné vazby kontrolního mechanismu pro segmentovou stabilitu.

Zvýšením aferentní, proprioreceptivní, vestibulární a vizuální informace v měřeném chování se kvalita odezvy držení těla (s ohledem na segmentální koordinaci) systematicky zlepšuje.

To vůbec poprvé umožňuje jasnou záruku kvality s ohledem na vyvíjející se segmentální koordinaci, což se uskutečňuje prostřednictvím vyhodnocení pacientova reakce na různých úrovních obtížnosti v terapii držení těla na POSTUROMEDu.

Poznámka: termín „proprioreceptivní“ v „proprioreceptivní terapii držení těla“ (PPT) byl vytvořen v roce 1992. Označuje měřený vzrůst informačního toku z proprioreceptorů a vestibulárního systému v kombinaci s vizuální aferencí. Takový vzrůst nesmí být nahodilý, protože je nutné ho přesně měřit, aby bylo možné optimalizovat kvalitu segmentální koordinace po kumulaci aference.

Během terapie na POSTUROMEDu se modifikuje komplexní systém, který řídí držení těla a kontroluje odezvu držení těla.

Bylo by tedy naprosto mylné vykládat „proprioreceptivní“ jako cvičení nebo trénink proprioreceptorů nebo propriorecepce.

5.2 Význam měřené změny nestability terapeutické plošiny POSTUROMED

Pacienti se na terapii nedostaví nikdy ve stejném stavu (odpočatí, unavení, atd.), z toho důvodu je nutné přizpůsobit úroveň obtížnosti léčby stavu pacienta. Pacient se může nacházet v lehce uvolněném, řekněme terapeutickém stavu čtyři, ale za týden se stejnému pacientovi nepodaří dosáhnout stejného stádia, například vlivem zimy nebo únavy – na konci cvičení dokončí terapeutická stádia dvě nebo tři.

Kdy je cíl PPT (proprioreceptivní terapie držení těla) na POSTUROMEDu považován podle dr. Raševa za splněný?

Tedy, když pacient po několika terapeutických jednotkách dosáhne terapeutického stádia, které je vyšší, než stádium dosažené během prvního cvičení, a když je pacient spokojen ohledně své stability (tj. nemá bolesti).

6 POSTUROMED a jeho nastavení

6.1 Co je POSTUROMED

POSTUROMED je neuro-ortopedické zařízení s terapeutickou plošinou, jejíž nestabilita je nastavitelná v rámci léčby patologických odezev držení těla především s ohledem na funkční segmentovou nestabilitu, a to obzvláště u kloubů, které nesou váhu.



Obr. č. 10 POSTUROMED [2]

Dr. Rašev vyvinul nový typ aktivní terapie držení těla za použití terapeutické plošiny v roce 1992. Terapeutická zařízení do té doby nedisponovala nastavitelnou úrovní nestability plošiny, což je pro dosažení dobrých terapeutických výsledků naprosto nezbytné.

6.2 Jak používat POSTUROMED

POSTUROMED se používá v neuro-ortopedické rehabilitaci, terapii proti bolestem a v senzorimotorickém tréninku pro dosažení následujícího:

- funkční (segmentové) stabilizace kloubů, které nesou váhu
- v rámci terapie proti bolestem, především při chronických bolestech zad a bolestech způsobených držením těla, které ovlivňují motorický systém.
- v rámci preventivního tréninku koordinace

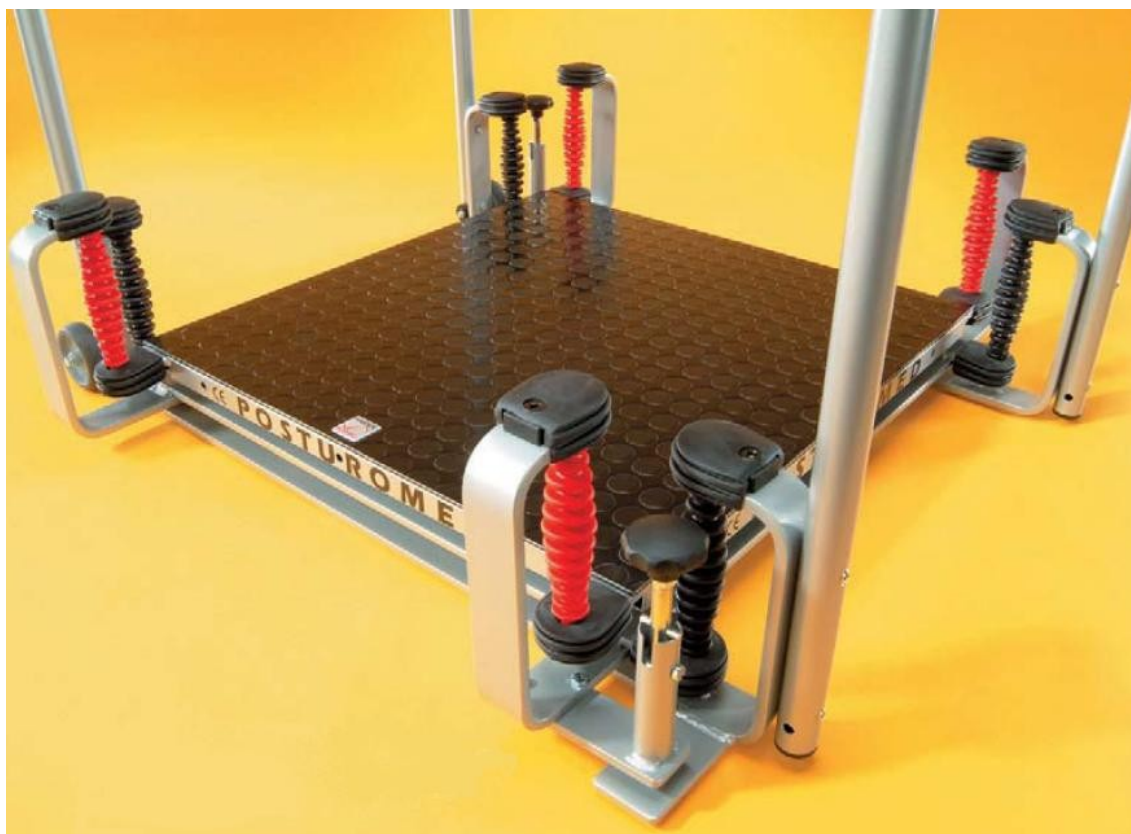
6.3 Ztlumená nestabilita terapeutické plošiny (nastavitelná dle potřeby)

Možnost nastavitelnosti nestability terapeutické plošiny je zásadní pro měřený vývoj segmentové koordinace. Cvičení na terapeutické plošině POSTUROMED jsou prováděna

neustálou výkyvnou činností plošiny, což destabilizuje pacienta stojícího po krátkou dobu na jedné noze. Následně se praktikuje ztlumení speciálně patentovaných oscilujících elementů a plošina se stává stabilnější.

Jinými slovy nemusí být destabilizace ve všech okamžicích příliš velká, ale je třeba ji pečlivě měřit, aby ji pacient zvládl, čili se naučil správné pohyby. Primárně jde o aktivaci segmentové koordinace a ne o aktivaci polysegmentových svalů.

Destabilizace se dosáhne pohybováním těžiště – díky standardizovanému pohybu/ohybu/pokrčení v kyčli se STABILIZOVANOU pánví, díky cíleným pohybům horních končetin, atd. Destabilizace NENÍ vyvolána dalšími externími stimuly. (Zemětřesení jsou ojedinělá). Pokud jsou pohyby plošiny vyvolány externími faktory, může se toho využít v rámci určitých druhů sportu, ale ne pro segmentovou koordinaci, která představuje základ každé monotónní/opakované činnosti typu vstávání, sedání, atd.

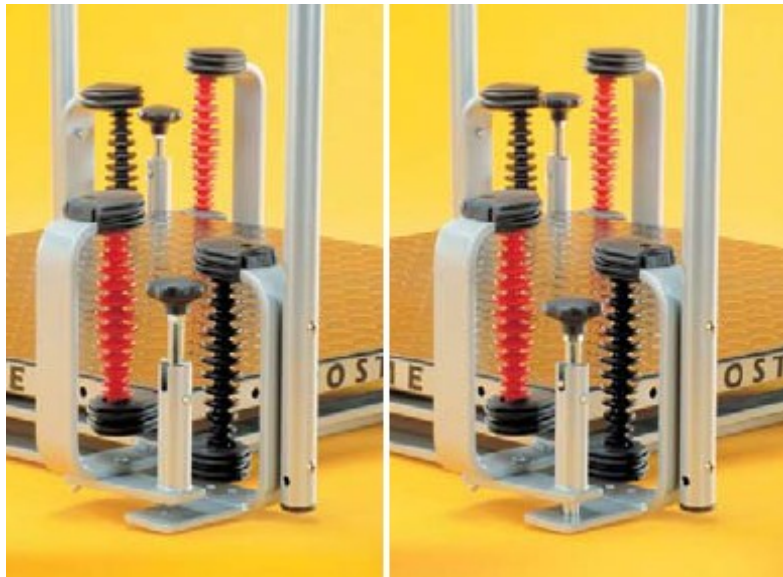


Obr. č. 11 Detail oscilujících elementů [2]

Terapeutická plošina je upevněna pomocí speciálních oscilujících elementů, které umožňují utlumení pohybu v jakémkoliv frekvenčním rozsahu

6.4 Brzdy

Nestabilita terapeutické plošiny se nastavuje uvolněním brzd v rozích plošiny. Zatáhněte za černý knoflík v horní části brzdy, otočte jím o 90°, pusťte a hotovo.



Obr. č. 12 Uvolnění - vypnuto; Zámek – zapnuto [2]

6.5 Pacient se cítí v bezpečí

Během cvičení pacient nemá strach a neexistuje riziko uklouznutí. Cvičení jsou naprosto bezpečná, a to i pro pacienty s čerstvou protézou krčku. Od roku 1992 do 2004 nenastal na POSTUROMEDu jediný případ zranění nebo indispozice během terapie držení těla. Za jedinou výjimku se dá považovat odlišná forma Méniérovy nemoci nebo stav podobný vestibulocerebrálnímu systému.

7 Proprioreceptivní terapie držení těla (PPT) na POSTUROMEDu

7.1 Dvě komponenty PPT na POSTUROMEDu

7.1.1 Nová technika cvičení podle Raševa vyvíjí v selektivním chování dopřednou vazbu.

Nově vyvinutá střídavá cvičení středové sagitální roviny, cvičení zahrnující rotaci a cvičení s míčky, Thera-Band, atd. podporují vývoj dopředné vazby, kdy se pacient přestane soustředit na udržení rovnováhy během stání na jedné noze. Během cvičení za použití správné techniky a měřených pohybů těžiště se automatizuje zaktivovaný kybernetický kontrolní mechanismus držení těla pro segmentovou koordinaci.

7.1.2 Terapeutická plošina s různými úrovněmi nestability

Umožňuje přenos váhy z jedné nohy na druhou během chůze na místě. Při popsáných cvičeních se stimuluje pacientova segmentová koordinace bez příliš vysokých požadavků, tj. pacient nepoužívá pro stabilizaci při stoji na jedné noze nebo při chůzi na místě primárně povrchové polysegmentové svaly.

Důležitá zásada: Standardizované pohyby těžiště těla při každém kroku na místě a při stoji na jedné noze pomáhají aktivovat stabilizovaný kontrolní mechanismus držení těla v náležitém chování.

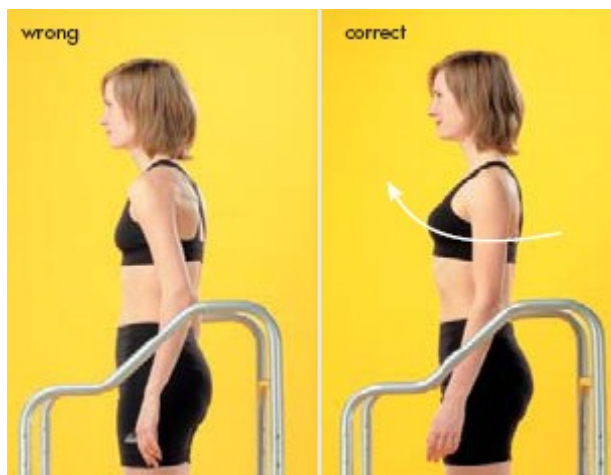
7.2 Všeobecné požadavky ohledně terapie držení těla podle Raševa

- Před terapií na POSTUROMEDu musí být eliminována jakákoliv funkční svalová nerovnováha, a to v nejvyšší možném míře
 - Pro dosažení dobrých výsledků za použití terapeutických metod držení těla je nezbytné optimalizovat pacientovo držení těla před jakoukoliv terapií na POSTUROMEDu.
-

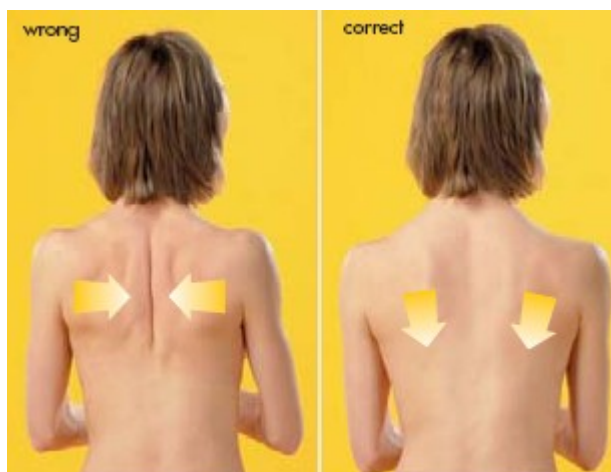
7.3 Základní pravidla PPT – přehled

- Vypnout hrud', nehrbit se; narovnat se, nevystřikovat břicho; lopatky netlačit k sobě
- Ramena lehce tlačit dozadu a k zemi
- Těžiště pletence pánevního a hrudního se během cvičení nehýbe (viz přípravná měření) a po celou dobu musí být v horizontální pozici.
- Chůze na místě: zvedat špičku nohy, na které pacient nestojí, dokud nedospěje do koncové pozice – viz vyobrazení
- Lýtko musí být po celou dobu ve vertikální poloze a vzdálenost chodidla od podlahy v rozmezí 10 až max. 15 cm v koncové pozici! (optimální aktivace stabilizátorů kyčlí- hýžd'ových svalů)
- Při zpětném pohybu nohy se terapeutické plošiny POSTUROMED musí dotknout nejprve špička (ne pata) - viz vyobrazení
- Stoj na jedné noze. Kyčelní kloub (pravý a levý) a acromion (pravý a levý) by se měly vyklánět ze své osy v minimální míře.
- Chodidlo zvedat vždy ve středové pozici, ne při zvedání nohy.
- Volnou nohu mírně pokrčit v kyčli a do středové pozice; zvednuté koleno se nikdy nesmí dotknout středové sagitální roviny nebo ji přesáhnout.
- Házení a chytání. Házení míčku: míček nikdy nevyhazovat výše než 60 – 80 cm. Vyhodit do vzduchu pouze jednou rukou a chytit jej oběma rukama.

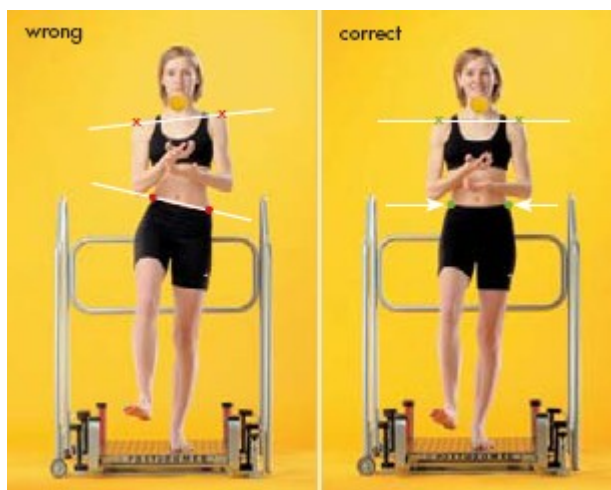
7.3.1 Základní pozice těla



Obr. č. 13 Špatně; správně [2]



Obr. č. 14 Špatně; správně [2]



Obr. č. 15 Špatně; správně [2]

7.3.2 Chůze na místě

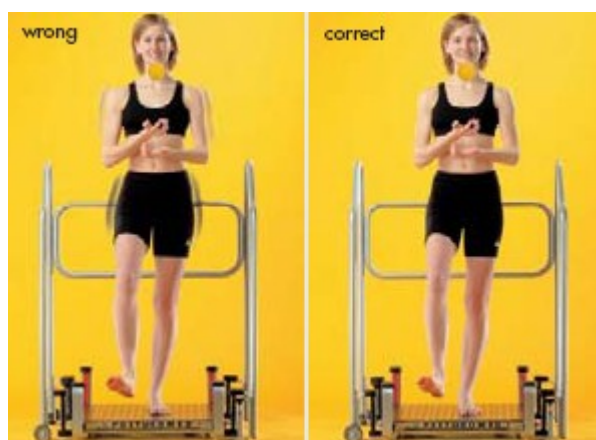


Obr. č. 16 Chůze [2]



Obr. č. 17 Chůze, noha do výše 10 cm až 15 cm [2]

7.3.3 Stoj na jedné noze

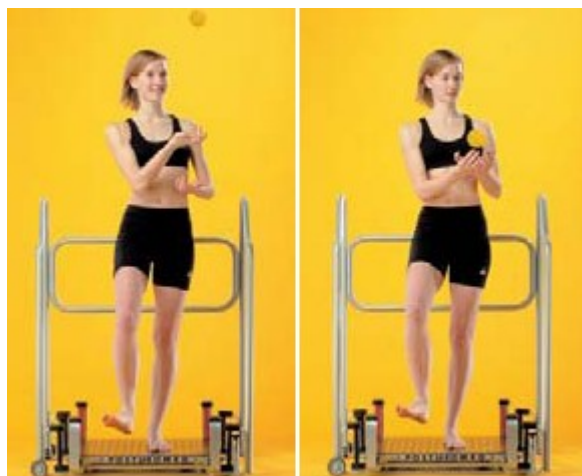


Obr. č. 18 Špatný stoj; správný stoj na jedné noze [2]



Obr. č. 19 Špatně; správně [2]

7.3.4 Házení a chytání míčku



Obr. č. 20 Vyhození míčku jednou rukou; chycení míčku oběma rukama [2]



Obr. č. 21 Vyhození míčku do výšky od 60 cm do 80 cm [2]

8 7 terapeutických stádií proprioreceptivní terapie držení těla (PPT) na POSTUROMEDu podle Dr. Raševa

8.1 Terapeutické stádium 0

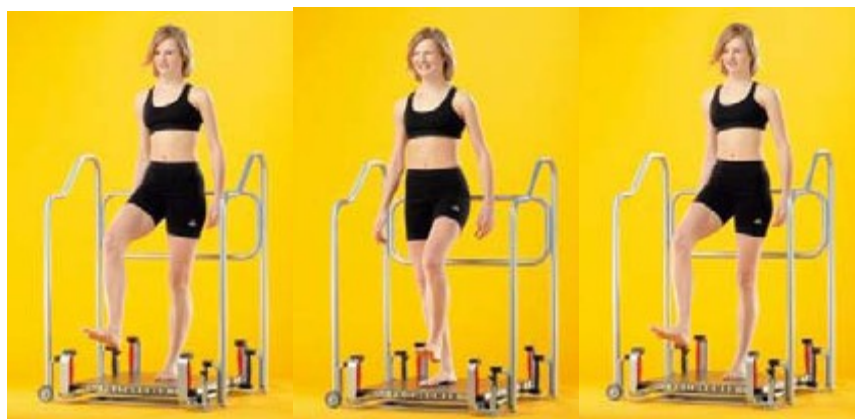
Terapeutické stádium 0 primárně zahrnuje diagnózu odezvy držení těla, je to také začátek terapie držení těla. V terapeutickém stádiu 0 jsou obě brzdy uzamčeny.

Chození na místě

A) Pacient si stoupne na terapeutickou plošinu bos nebo v tenkých ponožkách a začne chodit na místě.

Poznámka: Chození na místě je důležité pro standardizované a vhodné pohyby těžiště těla, kdy musí být dodržena všechna základní pravidla. Je velmi důležité, aby chodidlo bylo zvednuté před frontální rovinou a ne za hýžděmi!! Přesné chování při zvedání nohy příznivě působí na standardizované pohyby těžiště těla.

Pokud volná noha a chodidlo byly zvednuty směrem za hýždě, neuvidíme signifikantní pohyb těžiště těla ani významnější aktivaci stabilizovaných odezev držení těla.



Obr. č. 22 První sekvence
(první; druhý; třetí krok + jedna noha zůstane zdvížená na dobu 2 sekund) [2]



Obr. č. 23 Druhá sekvence
(první krok) [2]

Velmi důležité: chodidlo volné nohy musí při každém kroku dospět do stejné koncové pozice jako při stoji na jedné noze! Jinými slovy se pacient při chůzi na místě musí soustředit na dodržení stejné délky kroku.

B) Po třech (až pěti) krocích na místě, zůstane pacient stát na jedné noze po dobu jedné až dvou sekund



Obr. č. 24 Stoj na jedné noze [2]

C) Po dalších třech (až pěti) krocích na místě, zůstane pacient stát na druhé noze oproti předchozí

D) Pokud pacient ztratí rovnováhu, neměl by pohybovat nohama (uskakovat), místo toho se pacient může krátce přidržet zábradlí POSTUROMEDu a pak pokračovat v cvičení



Obr. č. 25 Přidržení se zábradlí [2]

E) Tříkrokové cvičení by mělo trvat na pacientovi minimálně 20 sekund, tedy tři kroky včetně dvou sekund stání na jedné noze plus opakování pro druhou nohu, poté může začít cvičení s míčkem

8.2 Terapeutické stádium 1

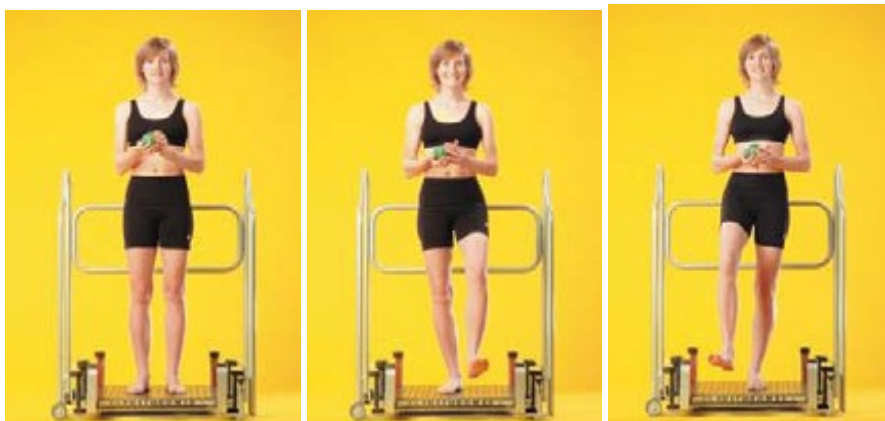
V terapeutickém stádiu 1 jsou obě brzdy uzamčeny.

Terapeutická technika: Zahrnuje stejnou techniku jako při chůzi na místě (terapeutické stádium 0); s tím rozdílem, že ruce jsou během stání na jedné noze zaměstnány, což vyžaduje zvýšenou koncentraci. Vyvíjí se anticipace - dopředná vazba.

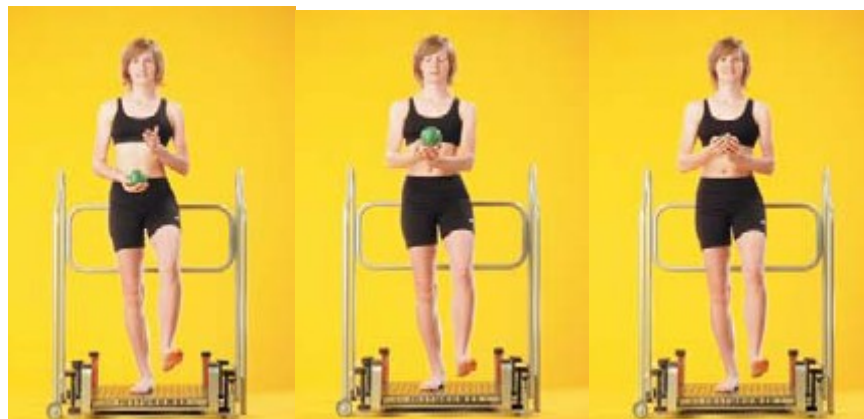
Házení míčku: pouze po zvládnutí stabilní pozice na jedné noze!

Vezměte do jedné ruky měkký a lehký gumový míček s hladkým povrchem; poté vyhodíte v sagitální rovině míček do výšky 60 – 80 cm a oběma rukama ho chytíte.

Poznámka: tenisový míček má ideální velikost, ale jeho hmotnost by mohla vést k zesílenému reflexu chytání/chápavému reflexu (gripping reflex) a pacient by se nesoustředil odpovídajícím způsobem na chytání míčku, což se neslučuje s terapií držení těla.



Obr. č. 26 První sekvence
(Start pozice; koncová pozice po 1.kroku; koncová pozice po 2.kroku) [2]



Obr. č. 27 První sekvence
(Třetí pozice-jedna noha zůstane zdvižená; před chycením míčku, chycení míčku oběma rukama)
[2]



Obr. č. 28 Vyhazování míčku jednou rukou, chycení oběma [2]

Začněte házením míčku, pak udělejte 3 kroky, atd. Pokud jste provedli cvičení minimálně třikrát za sebou a nedotkli jste se zábradlí POSTUROMEDu a nenastaly u vás výkyvy pletenců z osy, můžete přejít ke stoji na jedné noze a dvakrát vyhodit a chytit míček, pak udělat 3 kroky na místě, atd.

Míček se vždy vyhazuje ve středové sagitální rovině v terapeutických stádiích 1, 3 a 5.

Úroveň obtížnosti se zvyšuje podle počtu vyhození míčku do vzduchu až na 5 a současném udržování stabilní pozice na jedné noze. Když perfektně zvládáte první terapeutické stádium s 5 hody, přičemž stojíte na jedné noze, můžete se přesunout k terapeutickému stádiu 2.

8.3 Terapeutické stádium 2

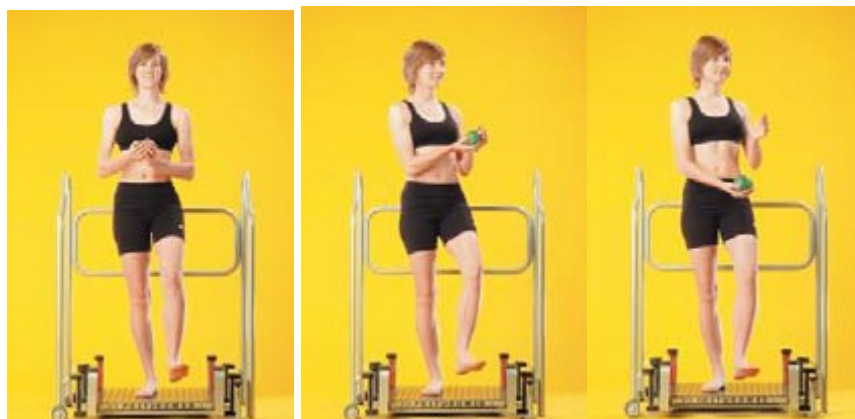
Rozdíl v technice cvičení oproti terapeutickému stádiu 1:

V podstatě se jedná o stejnou techniku chůze na místě jako v terapeutickém stádiu 1, ovšem s tou výjimkou, že **pacient při stoji na jedné noze provede malé, ale zřetelné natočení (10, max. 15 stupňů!) v posledním plynulém a/nebo stabilním segmentu.**

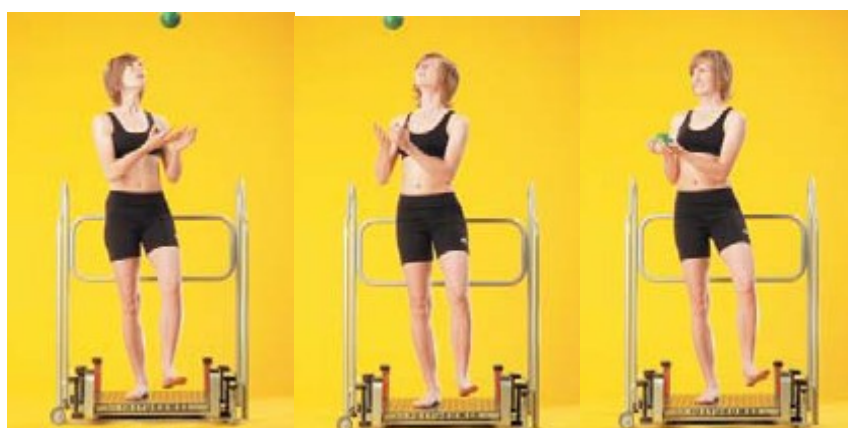


Obr. č. 29 Příklad správné rotace v lubosakrálním přechodu [2]

Ze středové pozice těla během stoje na jedné noze se otočte do posledního stabilního segmentu (tzn. linie kolena, pánve nebo ramene) do strany o 10 až 15 stupňů – vždy ve stabilní pozici na jedné noze.



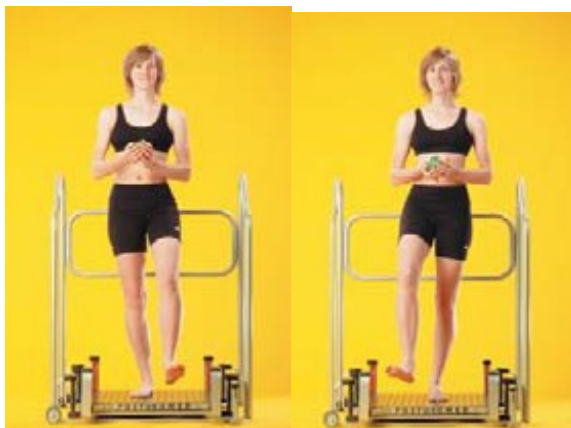
Obr. č. 30 První sekvence
(Stoj na jedné noze po 3 krocích; rotace; výhoz) [2]



Obr. č. 31 První sekvence
(Výhoz; rotace a výhoz; chycení míčku oběma rukama) [2]

V konečné pozici se nejprve zastavte a dobře se stabilizujte. Pak jednou rukou vyhodíte míček a oběma rukama ho chytněte. Poté se otočte na druhou stranu o 10 až 15 stupňů ze středové sagitální roviny. Znovu míček vyhodíte jednou rukou do výšky a oběma rukama ho chytněte. Pak následují 3 kroky na místě; poté opakujte celou sekvenci na druhé noze.

Ve chvíli, kdy se vám daří provádět na POSTUROMEDu sekvenci: „středová pozice - rotace - vyhození do vzduchu - rotace - vyhození do vzduchu - návrat do středové pozice“ bez nutnosti přidržovat se zábradlí alespoň po dobu třiceti sekund, pokračuje cvičení následovně: po druhém vyhození se pomocí středové pozice otočíte potřetí, ale na druhou stranu a poté potřetí vyhodíte míček do vzduchu. Následují opět 3 kroky na místě. Posléze se celá sekvence opakuje.



Obr. č. 32 Středová pozice
(Třetí krok; stání na jedné noze a začátek vyhazování míčku) [2]

Počet hodů vzroste až na šest v terapeutických stádiích 2, 4 a 6. Střídavě - pravá, levá, pravá, levá, pravá, levá. Pohyby by neměly být pomalé, ale svižně rychlé. V okamžiku perfektního ovládnutí techniky stádia 2 se přesuňte k terapeutickému stádiu 3.

8.4 Terapeutické stádium 3

V terapeutickém **stádiu 3 je jedna brzda uvolněná** a jedna uzamčená. Technika cvičení je stejná jako v terapeutickém stádiu 1. Úroveň obtížnosti se zvyšuje podle počtu hodů od jednoho do pěti při stání na jedné noze.

V okamžiku, kdy perfektně ovládáte techniku s pěti hody, se přesuňte k terapeutickému stádiu 4.

8.5 Terapeutické stádium 4

V terapeutickém **stádiu 4 je jedna brzda uvolněná**, druhá uzamčená. Technika cvičení je stejná jako v terapeutickém stádiu 2. Míček je vyhozen pouze po minimální, ale rychle provedené a dobře zastavené rotaci v posledním plynulém a/nebo stabilním segmentu těla (steady and/or stable body segment) (rotace přes linii kolena, pánve nebo pletenec hrudní), stejně jako v terapeutickém stádiu 2. Úroveň obtížnosti se zvyšuje z původně dvou hodů až na šest při stání na jedné noze.

V okamžiku, kdy perfektně ovládáte techniku, se přesuňte k terapeutickému stádiu 5.

8.6 Terapeutické stádium 5

V terapeutickém **stádiu 5 jsou uvolněny obě brzdy**. Terapeutická technika je stejná jako v terapeutickém stádiu 1. Úroveň obtížnosti se zvyšuje podle počtu hodů od jednoho do pěti při stání na jedné noze.

8.7 Terapeutické stádium 6

V terapeutickém **stádiu 6 jsou uvolněny obě brzdy**. Technika cvičení je stejná jako technika terapeutického stádia 2. Úroveň obtížnosti se zvyšuje podle počtu hodů od dvou do šesti při stání na jedné noze. (Zkušenosti ukazují, že terapeutického stádia 6 dosáhne průměrně pouhých 10 % pacientů)

8.8 Terapeutické stádium 7

V terapeutickém stádiu 7 je představena vertikální cvičební komponenta.

8.9 7 terapeutických stádií – přehled

terapeutické stádium	brzdy	technika cvičení	počet hodů
0	obě uzamčené	chůze na místě, stoj na jedné noze...	0
1	obě uzamčené	hod a chycení ve středové sagitální rovině	1 až 5
2	obě uzamčené	hod a chycení, následuje rotace	2 až 6
3	jedna uvolněná	hod a chycení ve středové sagitální rovině	1 až 5
4	jedna uvolněná	hod a chycení, následuje rotace přes konkrétní segment	2 až 6
5	obě uvolněné	hod a chycení ve středové sagitální rovině	1 až 5
6	obě uvolněné	hod a chycení, následuje rotace	2 až 6
7	obě uvolněné	hod a chycení plus vertikální komponenta	1 až 5

Tab. č. 1 Přehled [2]

Terapeutická stadia 0, 3 a 5 se používají na diagnostiku posturálních poruch pacientů. Technika je stejná jako je popsáno výše, pouze bez házení. Jako největší rozdíl se využívá brzdiček, které jsou v terapeutickém stádiu 0 uzamčené. V terapeutickém stádiu 3, jedna brzda uvolněná a ve stádiu 5 jsou obě brzdy uvolněné. Při všech stádiích se měří data při stoji na jedné noze pacienta po předchozí chůzi.

Uvedla jsem zde všechny terapeutická stadia. Ovšem pouze pro informaci.

9 Diagnostika posturální analýzy

9.1 Diagnostický význam Posturomedu

Rehabilitační cvičení na Posturomedu významně ovlivňuje motoriku a koordinaci pacienta. Ale je také možné měření dat na nestabilní plošině pomocí akcelerometru a tím upřesnit diagnostiku posturálních poruch pacientů.

K tomuto účelu byl vyvinut hardware i software pro získávání naměřených dat z Posturomedu firmou Haider Bioswing ve spolupráci s MUDr. Raševem.

9.1.1 Používaný hardware pro měření dat

Celý řetězec pro získávání dat z Posturomedu se skládá ze čtyř různých měřících senzorů – akcelerometrů, dále USB kabelu, měřicího boxu, úchytů pro přichycení kabelů a senzorů. Vše dodává firma HAIDER společně se softwarem v kufříku. Data jsou zobrazena a uložena pomocí softwaru.



Obr. 33 Kufřík pro měření dat z Posturomedu dodávaný firmou Haider Bioswing [2]

9.1.1.1 Akcelerometr

Obecně mezi méně známé, ale v dnešním průmyslu a zařízeních dost užívané senzory patří akcelerometry. Obecně se dá říci, že se jedná o senzory měřící dynamické zrychlení (akceleraci), resp. sílu vzniklou změnou rychlosti pohybujícího se předmětu resp. senzoru, nebo statické zrychlení, resp. sílu vzniklou působením gravitace (přitažlivostí) Země. Mezi měření dynamického zrychlení patří i detekce vibrací. Statické zrychlení je již ze svého principu neustále přítomné a je tedy ho nutné při měření dynamického zrychlení ve výsledcích odstranit filtrací.

Dnešní vyspělé integrované senzory obvykle poskytují obě možnosti měření v rámci jednoho integrovaného obvodu. Ten zároveň obsahuje snímací prvek (senzor) i jednoduché nebo složité vyhodnocovací obvody.

9.1.1.2 Zrychlení

Akcelerometry jsou využívány k měření velikosti zrychlení v určitém směru (ose). Zrychlení je vektorová veličina, která je definována jako druhá derivace polohy podle času:

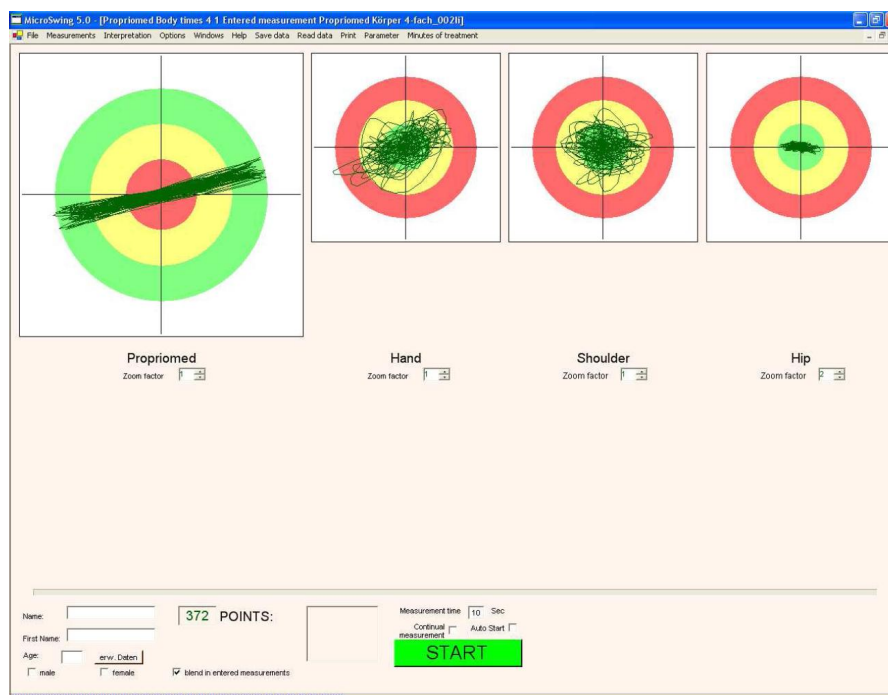
$$\vec{a} = \frac{d^2 \vec{x}}{dt^2}$$

- \vec{a} - Vektor zrychlení $\left[\frac{m}{s^2} \right]$
- \vec{x} - Vektor polohy [m]
- t - čas [t]

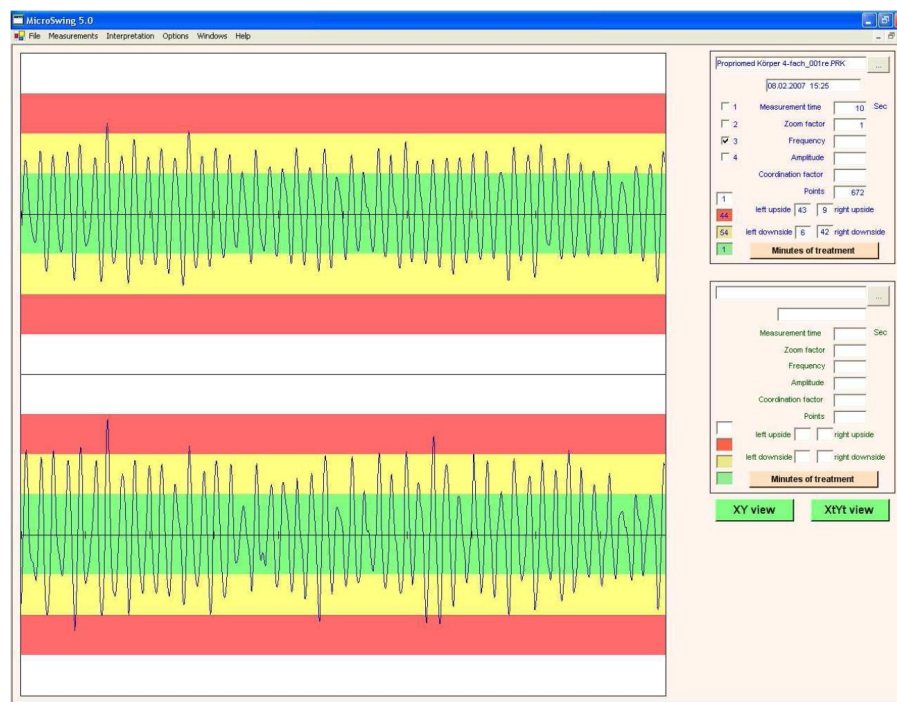
9.1.2 Používaný software pro zobrazení a uložení naměřených dat

Pro zobrazení a získání měřených dat se využívá software navržený firmou Haider Bioswing. Program se nazývá Microswing 5.0.

MicroSwing je software dodaný výrobcem k přístroji. Slouží pro nahrávání i zpracování dat z POSTUROMEDu. Zajišťuje komunikaci mezi akcelerometrem a uživatelem. Jeho prostřednictvím se ukládají data přicházející z akcelerometrů do počítače. Při měření zobrazuje program aktuální průběh měřeného signálu. Dále je možné pomocí programu zobrazovat data naměřená a uložená v minulosti.



Obr. 34 Ukázka zobrazení dat do roviny xy



Obr. 35 Ukázka zobrazení dat v čase

Možnosti zobrazení dat:

- Časový průběh jednotlivých signálů z akcelerometru.
- Zobrazení dat do roviny XY, kdy jsou data vynesena do kartézského systému souřadnic.

Z obou druhů zobrazení dat lze rozpoznat posturální poruchu pacienta.

Plocha zobrazující data je vždy rozdělena na tři části. Tyto části ukazují jaké minimální resp. maximální hodnoty by měla data dosahovat (zelené pole minimum, červené pole maximum).

Při záznamu dat je možné v programu MicroSwing nastavit:

- Vzorkovací frekvenci 50-2 000 Hz.
- Dobu jednoho záznamu 1-30 s.
- Čas, po kterém zapne automatické měření: 0 – 100 s.

9.1.3 Formát dat

Vnitřní struktura souboru je vždy stejná. Začátek souboru tvoří záhlaví se základními údaji, do kterého je možné vložit jméno, příjmení, věk, váhu, výšku a další informace o pacientovi. Dále záhlaví obsahuje datum a čas měření. Důležitá je délka měření v sekundách, vzorkovací frekvence, celkový počet vzorků a zoom factor použitý při měření. Zoom factor slouží k softwarové změně měřítka u dat.

Za záhlaví se ukládají záznamy s naměřenými údaji. V každém záznamu je uloženo pořadové číslo vzorku a s-ová a y-ová hodnota zrychlení pro daný vzorek.

```
karel  
strasak  
35  
mannlich  
1.9.2007  
18:44  
10  
100  
1000  
Daten  
666  
41  
0,72  
4  
70,180,2,  
0,110,-4  
1,92,-17  
2,79,-35  
3,57,-52  
4,44,-66  
5,26,-70  
6,13,-57  
7,4,-26
```

Obr. 36 Ukázka souboru

10 Zpracování naměřených dat

10.1 Posturomed

Posturomed je terapeutická plošina s nastavitelným stupněm instability cvičební plochy, která umožňuje dávkování stupně obtížnosti a tím zajišťuje zapojování posturální stabilizační motoriky.

Je určená pro terapii patologických posturálních reakcí obzvláště intersegmentální instability nosných kloubů.

Při změně těžiště osoby stojící na posturomedu dojde k rozkmitání plošiny s tendencí k ustálení. Plošina osciluje ve všech směrech, i když svislá složka je málo patrná. Pro zvýšení lability jsou na posturomedu ještě další čtyři závěsy, které je však možno stabilizovat brzdíčkami.

10.2 Netlumené, tlumené kmity, parametry signálů

Plošina Posturomedu je zavěšena na čtveřici pružin. Teoreticky se chová jako hmotné těleso zavěšené na pružném závěsu. Pro porozumění je třeba se nejdříve zmínit o tlumených oscilacích, harmonickém oscilátoru a základních parametrech tlumených signálů. [6]

10.2.1 Harmonické kmity

Mechanické kmity souvisejí s deformací pružných těles. Kmity lze realizovat například tělískem na pružině, kterou natáhneme o y . Pružina působí proti výchylce silou přímo úměrnou výchylce (pro malé výchylky), konstanta úměrnosti k se nazývá tuhost vazby. Pro případ jednorozměrný se jedná o lineární harmonický oscilátor, pro nějž platí následující pohybová rovnice:

$$m \left(\frac{d^2 y}{dt^2} \right) = F = -ky. \quad [6]$$

Úpravou dostaneme homogenní diferenciální rovnici druhého řádu:

$$\frac{dy^2}{dt^2} + \left(\frac{k}{m} \right) y = 0. \quad [6]$$

Substitucí $y = Y \cdot \exp(i\omega t)$, kde i je imaginární jednotka, dostaneme její charakteristickou rovnici:

$$\omega^2 - \frac{k}{m} = 0, \text{ odkud } \omega = \pm \sqrt{\frac{k}{m}}. \quad [6]$$

Volné, harmonické kmity, představují ideálně případ bez odporových sil prostředí. Objekt schopný harmonických kmitů nazýváme obvykle harmonický oscilátor.

10.2.2 Tlumené kmity

Model tlumených kmitů se od předchozího liší odporovou silou působící proti pohybu. V případě disipativního silového pole je odporová síla úměrná první nebo druhé mocnině rychlosti pohybu. Omezíme se na viskózní odporové síly typu $F = -k'v$.

Pohybová rovnice bude pak tvaru:

$$m \left(\frac{d^2 y}{dt^2} \right) = -ky - k' \left(\frac{dy}{dt} \right). \quad [6]$$

Po úpravách dostaneme charakteristickou rovnici:

$$-\omega^2 + 2ib\omega + \omega_0^2 = 0, \text{ její řešení}$$

$$\omega_{1,2} = ib \pm \sqrt{\omega_0^2 - b^2} = ib \pm \sqrt{D}. \quad [6]$$

Pokud je diskriminant $(\omega_0^2 - b^2)$ záporný, argumenty obou řešení jsou reálné. Hodnota y klesá exponenciálně k nule. Jedná se o SILNĚ TLUMENÉ KMITY. Objekt se pro vychýlení jen pomalu vrací do rovnovážné polohy, kterou již nepřekoná.

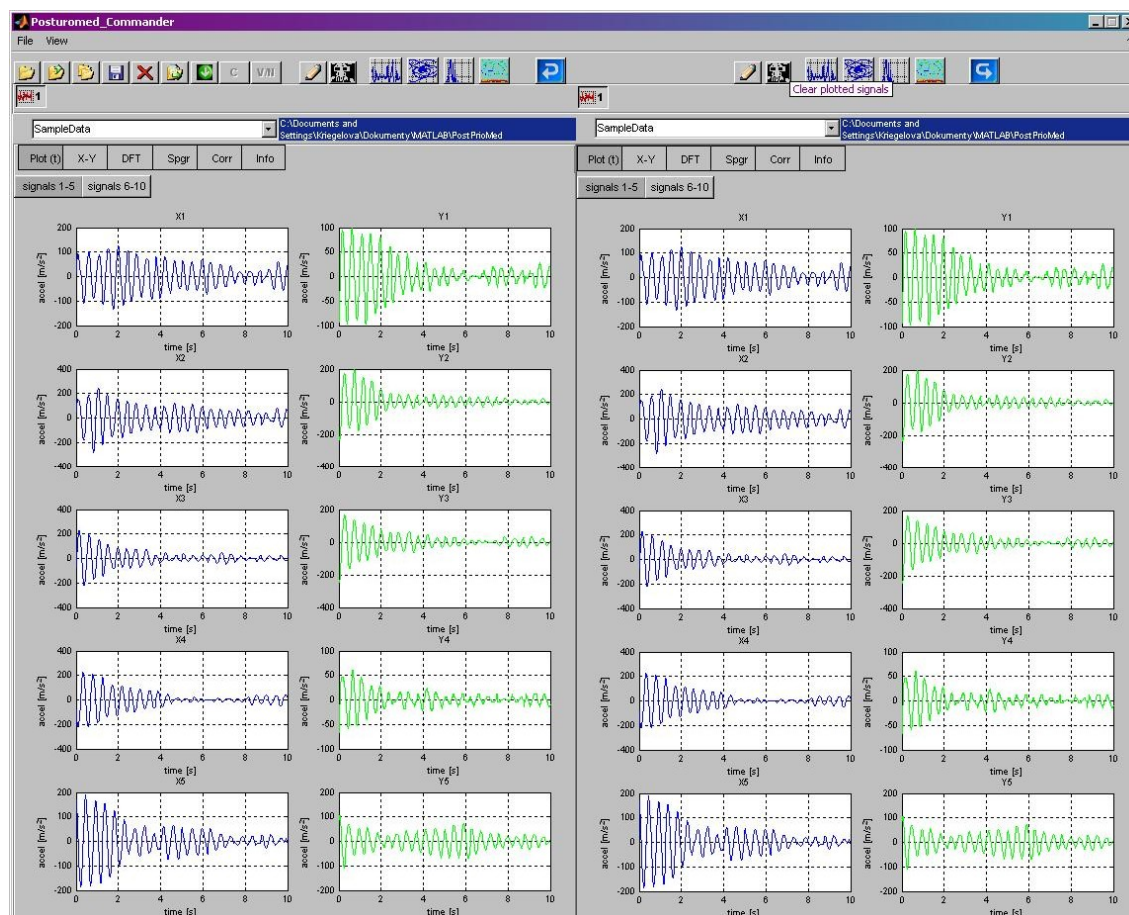
Pokud je diskriminant $(\omega_0^2 - b^2)$ kladný, je to případ SLABĚ TLUMENÝCH KMITŮ.

Pokud je diskriminant $(\omega_0^2 - b^2)$ nulový, argumenty jsou reálné. Je to KRITICKÉ APERIODICKÉ ŘEŠENÍ, nerychlejší pokles y s časem.

Tlumený harmonický pohyb není dokonale periodický, protože časové intervaly mezi stejnými polohami hmotného bodu nejsou stejné. Jsou ale zachovány jiné periodické vlastnosti procesu. Proces tlumení popisujeme útlumem λ , logaritmickým dekrementem Λ a relaxační dobou τ , což je čas, za který klesne amplituda A_0 na velikost A_0/e . [6]

11 Návrh uživatelského rozhraní programu

Zvolila jsem kompletně nový návrh na základě požadavků Rehabilitačního centra ve Fakultní nemocnici v Ostravě. Vycházela jsem z původního návrhu Posturomed Commanderu. Vzhledem k tomu, že byla fakultě poskytnuta pouze verze standalone, nešlo postupovat ani jiným způsobem. Posturomed Manager je v základních funkcích shodný z původním programem, ale rozšířený o počet jednotlivých panelů a další funkce.



Obr. 37 Původní Posturomed Commander - vyobrazení s daty

11.1 Požadavky FNO na software

Při tvorbě nového programu pro vyhodnocení dat získaných pomocí rehabilitačního přístroje Posturomed a akcelerometru s programem Microswing, bylo jasné, že musím vycházet z původního commanderu, ale zároveň udělat kompletně nový. Jak už bylo uvedeno v předchozí kapitole.

Nový program byl vytvořen pouze pomocí GUI příkazů. Hlavní funkce je tvořena pouze příkazy pro vytvoření grafických objektů a volání jednotlivých callback funkcí pro tyto objekty. Takto vznikl velmi přehledný a do budoucna snadno upravitelný program, což bylo jedním z hlavních požadavků.

Další je už několikrát zmiňovaný třetí panel, který rozšířil nabídku pro snadnější vizuální analýzu dat ve všech naměřených fázích pacientova stavu.

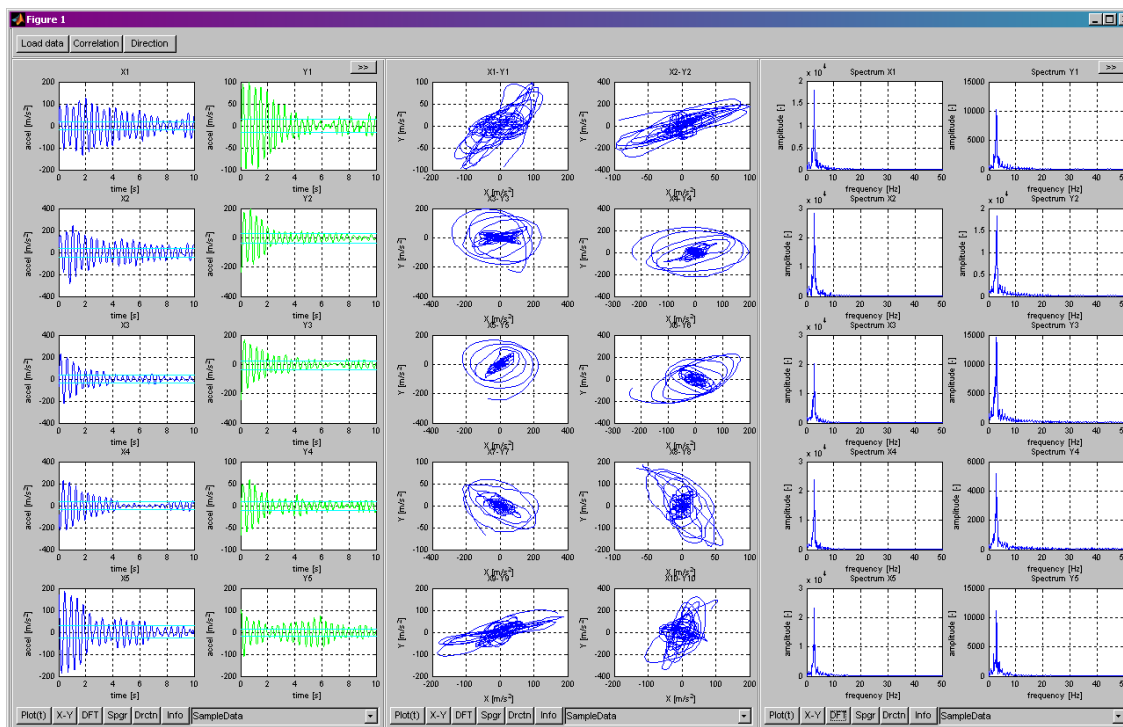
Graficky a funkčně se příliš neliší od původního programu.

Základní funkce a vlastnosti programu:

- Přehlednost, názornost
- Vytvoření tří panelů, pro vykreslení dat před operací, po operaci a po rehabilitaci
- Pohodlné a intuitivní ovládání
- User-friendly
- Načtení dat i více najednou
- Zobrazení úplné cesty každého načteného souboru
- Získání všech údajů z datového souboru
- Přepínání mezi načtenými soubory
- Vizualizace všech načtených dat v čase
- Vizualizace všech načtených signálů v rovině XY
- Zobrazení spekter signálů
- Výpočet a vizualizace spektrogramů
- Vizualizace směrové analýzy dat v rovině XY
- Implementace korelační a koherenční analýzy
- Analýza směrové výchylky
- Otevření každého vykresleného signálu ve zvláštním zvětšeném okně
- Commander - like struktura

11.2 Realizace Posturomed Manageru

Posturomed Manager je navrhnutý tak, aby zobrazil pacientovy naměřená data hned ve třech fázích. Před operací, po operaci a po případné rehabilitaci v Rehabilitačním centru.



Obr. 38 Nový Posturomed Manager - vyobrazení s daty

11.2.1 Popis funkcí programu Posturomed Manager

Následující řádky obsahují stručný popis implementovaných funkcí a ovládání, slouží jako jednoduchý tutoriál.

11.2.1.1 Spuštění programu

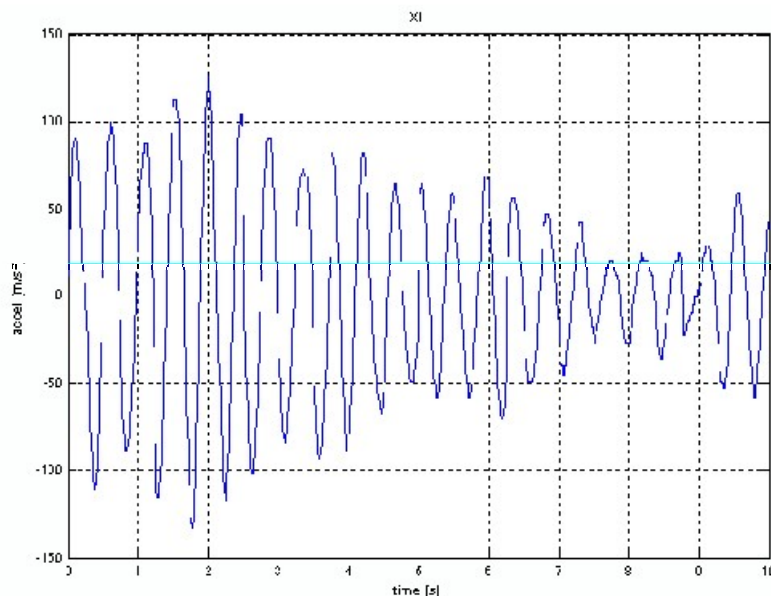
Program je implementován v programovém prostředí Matlab firmy Mathworks verze 7.7.0 R2008b, pod kterou je taky plně funkční. Vývoj byl realizován v GUI editoru. Základ tvoří skript, ve kterém jsou implementovány grafické prvky a jejich callback funkce, které jsou implementovány každá zvlášť. Ke správnému a bezproblémovému běhu programu je také nutné mít nainstalovanou nejnovější verzi Java™, aktuální verze v době vývoje byla Version 6 Update 17 (build 1.6.0_17-b04) Copyright 2008 Sun Microsystems, Inc.

Program se spouští v Matlabu svým systémovým m-souborem *Posturomed_Manager.m*. Ještě před spuštěním je nutné spustit skript *Config.m*, který nastaví správné cesty pro načtení naměřených dat.

11.2.1.2 Zobrazení v čase

Z hlediska kvalifikace dat je jejich zobrazení v čase jedno z klíčových. Zejména tomuto vyobrazení se přikládá největší důležitost. Poskytuje nejvíce informací pro analýzu. Už pouhým okem na základně subjektivního hodnocení je zřejmé jak která osoba je schopna ovládat své posturální řízení.

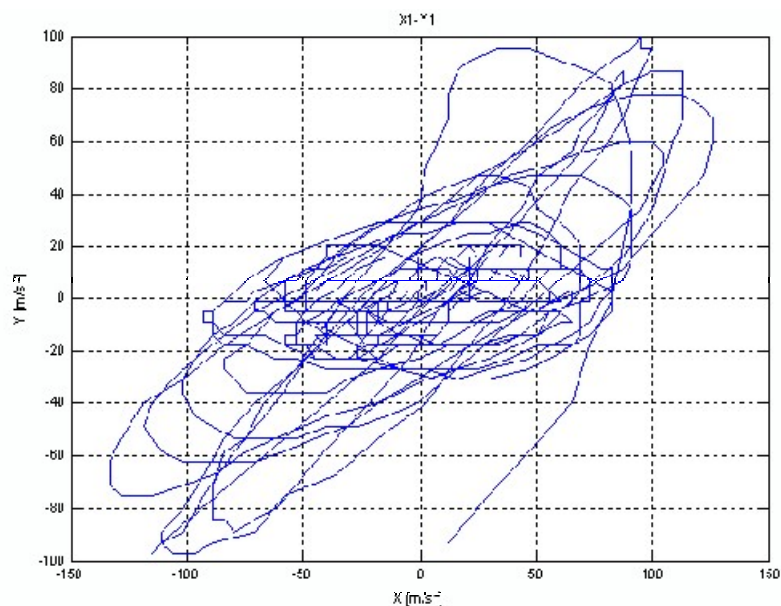
Pro snadnější analýzu a rychlejší hodnocení pacientů je v každém grafu dokreslena přímka, která je vypočítaná z hodnot grafu. Jedná se o 15% z maximální amplitudy pro kladnou a zápornou polovinu. Na základě této přímky, lze i když ne jednoznačně určit zdali byl pacient na plošině stabilní či nestabilní. Jak uvádí ve své práci Melecký R. [3], pokud počet ustálení je ve větší míře pod touto hranicí, lze považovat pacienta za stabilního. V opačném případě je pacient nestabilní.



Obr. 39 Akcelerometrický signál X1 v čase 10s zkušebních dat SampleData

11.2.1.3 Zobrazení v rovině XY

Zobrazení naměřených dat v rovině XY nám říká jak se pohyboval ekcelerometrický senzor v této rovině. Na této analýze pohybu lze vypožorovat pouze v jak velkých amplitudách pacient kmital na plošině a zhruba jak dlouho – zhuštěný počet elips ve velkém rozsahu os soustavy souřadnic. Analýze pohybu v rovině se v této práci dále nezabývám.



Obr. 40 Zobrazení akcelerometrického signálu v rovině X1Y1, SampleData

11.2.1.4 Spektra

Fourierův obraz (frekvenční spektrum) je periodická funkce s periodou $\omega_{\text{vz}} = 2\pi/T$. Diskrétní Fourierova transformace DFT je definována vztahem:

$$F(j\omega_k) = T_a \cdot \sum_{n=0}^{N-1} f(nT_a) \cdot e^{\frac{-j2\pi kn}{N}} \quad [7]$$

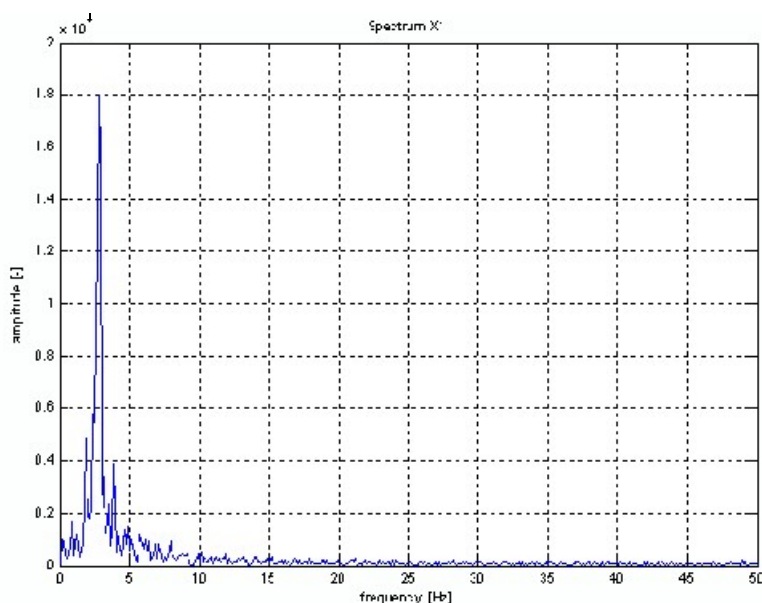
N : počet vzorků

T_a : hodnota vzorkovacího intervalu

$f(nT_a)$: diskrétní signál

$$\omega_k = \frac{2\pi k}{NT_a}, \quad k=0,1,\dots,N-1 \quad [7]$$

DFT tedy vypočte N hodnot spektra $F(j\omega_k)$ z N hodnot signálu $f(nT_a)$. Hodnoty spektra dostaneme pro diskrétní ekvidistanční hodnoty frekvencí, začínající v $f=0$ a vzdálené od sebe o hodnoty $\Delta\omega = 2\pi/NT_a$. Získáme periodické spektrum s periodou vzorkovací frekvence $\omega_a = 2\pi/T_a$. Na Obr. 41 je zobrazeno spektrum horizontálních zrychlení zkušebních dat SampleData. Potřebné množství informace leží mezi frekvencí 0 až 50Hz, tj. polovině vzorkovací frekvence. [11]

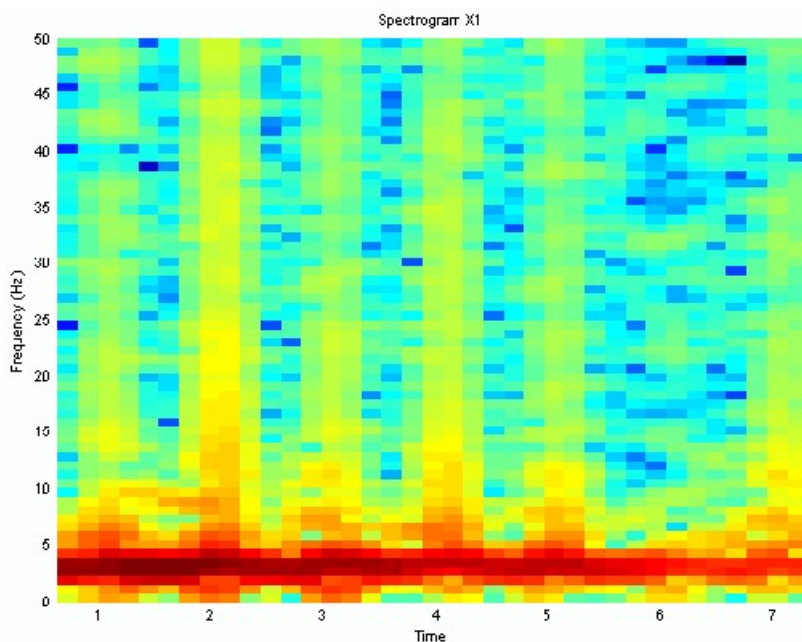


Obr. 41 Spektrum signálů horizontálního zrychlení X1

11.2.1.5 Spektrogramy

Spektrogram je dvojdimenzionální diagram, kde je obvykle na ose x čas a na ose y frekvence a barva vyjadřuje amplitudu oscilací. Spektrogram tedy znázorňuje spektrální hustotu odpovídající frekvencím a amplitudám v čase pomocí barevných stupňů. Hodnotí se především vizuálně.

Posouzení posturální poruchy pacienta na základě spektrogramů je již vysvětleno v kapitole 3.4.

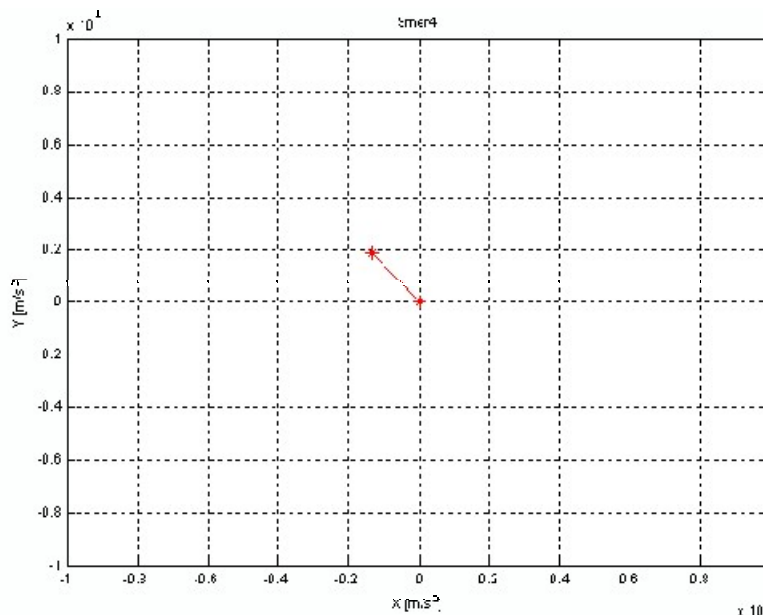


Obr. 42 Spektrogram signálu horizontálního zrychlení X1

11.2.1.6 Směrová analýza

Základem vykreslení je vektor, který od počátku soustavy souřadnic míří do jednoho ze čtyř kvadrantů.

Základem výpočtu je složením složek x a y v prvních a každých následujících deseti sekundách ve vektory, s počátkem $[0,0]$. Všechny vektory pro deset sekund se následně sečtou. Tzn. platí pro tyto data vektorové sčítání.



Obr. 43 Směrová analýza pro 30-40 sekund z naměřených dat

V nabídce tlačítek pro vykreslení grafů přibýlo tlačítko pro rychlou směrovou analýzu naměřených dat. Směrová analýza je vysvětlena podrobněji výše.



Obr. 44 Spodní lišta tlačítek a popup menu Posturomed Manageru

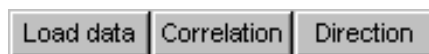
Ve vrchní části programu se nacházejí tři tlačítka. První slouží pro otevření výběrového okna pro nahrání souborů s daty. Zbylé dvě slouží pro otevření nového okna s funkcemi pro korelaci a analýzu směrové výchylky.



Obr. 45 Vrchní lišta nabídky Posturomed Manageru

11.2.1.7 Systémová tlačítka

Po spuštění m-souboru Posturomed_Manager.m se zobrazí prázdné grafy a několik dalších jiných funkcí v podobě tlačítek. Jako první si představíme horní tlačítka.

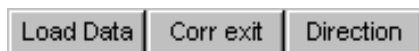


Obr. 46 Horní systémová tlačítka zleva - Load Data, Correlation, Direction

Load Data – nahrání naměřených dat z programu MicroSwing do programu Posturomed Manager. Podporované formáty jsou *.pss, *.pkr, *.pok, *.txt, *.mat. Program

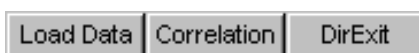
podporuje pouze matlabovské soubory typu *.mat vytvořené ve starém původním programu Posturomed Commander.

Correlation – tlačítko spustí korelační a koherentní panel. Umožňuje korelovat signály mezi sebou jak v časové, tak i v frekvenční oblasti. Panel bude podrobněji popsán níže. Panely pro korelaci ukončíme tlačítkem CorrExit.



Obr. 47 Změna tlačítka Correlation na CorrExit při spuštění korelace

Direction – tlačítko pro spuštění směrové výchylky. Umožňuje vybrání požadovaných dat a následně vypočítat směrovou výchylku. Tyto panely programu uzavřeme pomocí tlačítka DirExit.

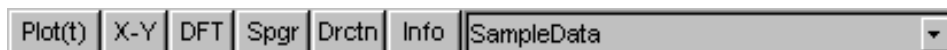


Obr. 48 Změna tlačítka Direction na DirExit při spuštění aplikace pro směrovou výchylku

11.2.1.8 Funkční záložky

V podstatě jsou to tlačítka, kterými si člověk volí, které průběhy se vykreslí do grafů. Ale protože si zároveň pamatují data, která uživatel zvolil, lze je nazvat i jako záložky. Kliknutím myši na název záložky se uživatel přepne do patřičného panelu.

Data lze měnit pomocí pop-up menu, kde se uloží všechna načtená data z předchozího kroku – stisknutí tlačítka Load Data a výběr.



Obr. 49 Funkční záložky programu Posturomed Manager

Plot(t) panel – zobrazí průběhy pro vizualizaci dat v časové oblasti. Přitom má tento panel ještě dva podpanely. První zobrazuje signály X1,Y1 až X5,Z5 a druhý X6,Y6 až X10,Y10. Přepínání mezi podpanely je realizováno jednoduše pomocí popsanych a zvýrazněných tlačítek „>>“ a „<<“.

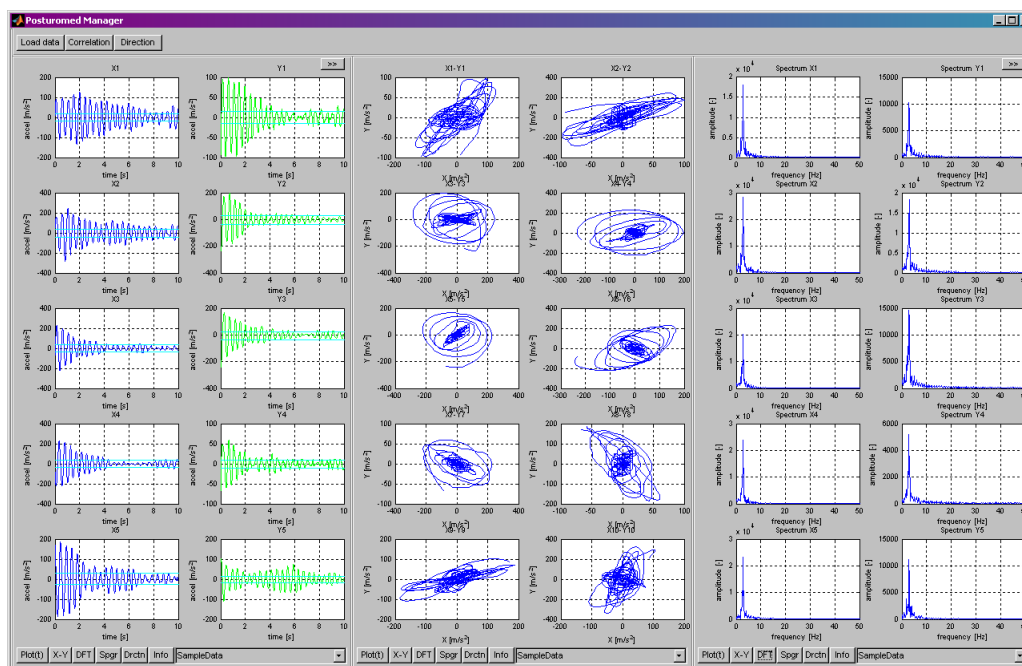
X-Y panel – zobrazí panel pro vizualizaci dat v rovině X-Y. Neobsahuje podpanely.

DFT panel – zobrazí diskretní Fourierovu transformaci signálů tj. zobrazí jejich spektra. Panel obsahuje stejné podpanely jako plot(t) panel.

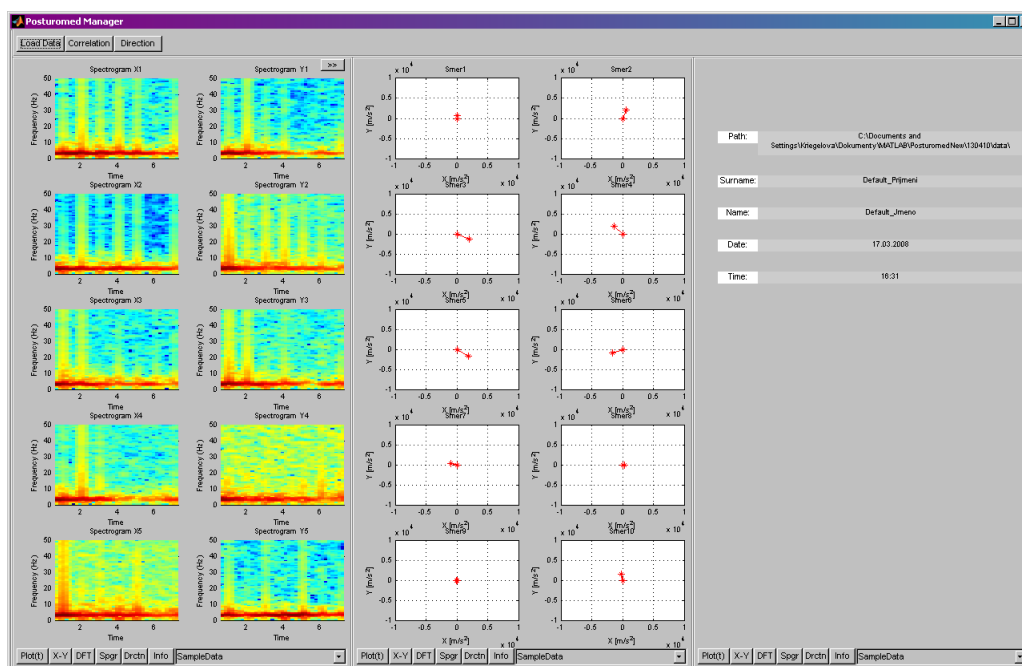
Spgr panel – panel zobrazí spektrogramy signálů. Obsahuje dva podpanely.

Drctn panel – panel zobrazí výpočet rychlé směrové výchylky.

Info panel – panel nás informuje o údajích získaných z každého souboru. Kromě názvu a načtení jeho úplné cesty, se můžeme dozvědět jméno a příjmení měřeného pacienta, datum měření a čas měření.



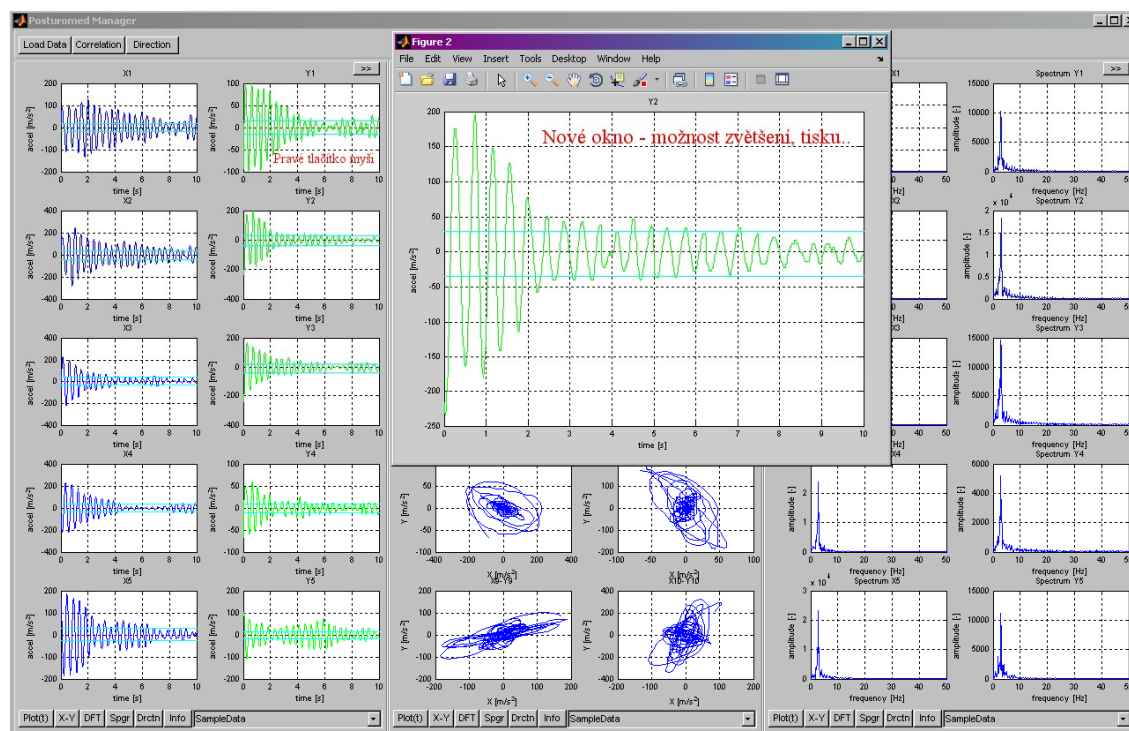
Obr. 50 Vizualizační panely. Zleva: plot(t) panel, X-Y panel, DFT panel.



Obr. 51 Vizualizační panely. Zleva: Spgr panel, Drctn panel a Info panel.

11.2.1.9 Zvláštní okna

Mezi nejvýznamnější implementované funkce programu Posturomed Manager patří otevírání vykreslených průběhů ve zvláštních oknech. Významná je z toho důvodu, že uživatel bude častokrát chtít si daný průběh prohlédnout ve větších detailech a vykreslovací okna jsou k tomuto účelu příliš malá. Stačí ale pouze kliknout pravým tlačítkem myši na požadovaný průběh, a ten se otevře ve zvláštním zvětšeném okně doplněný legendou, kde si lze například průběh přiblížit, uložit, vytisknout, atd.. Jednoduchý princip je lépe patrný z Obr. 52

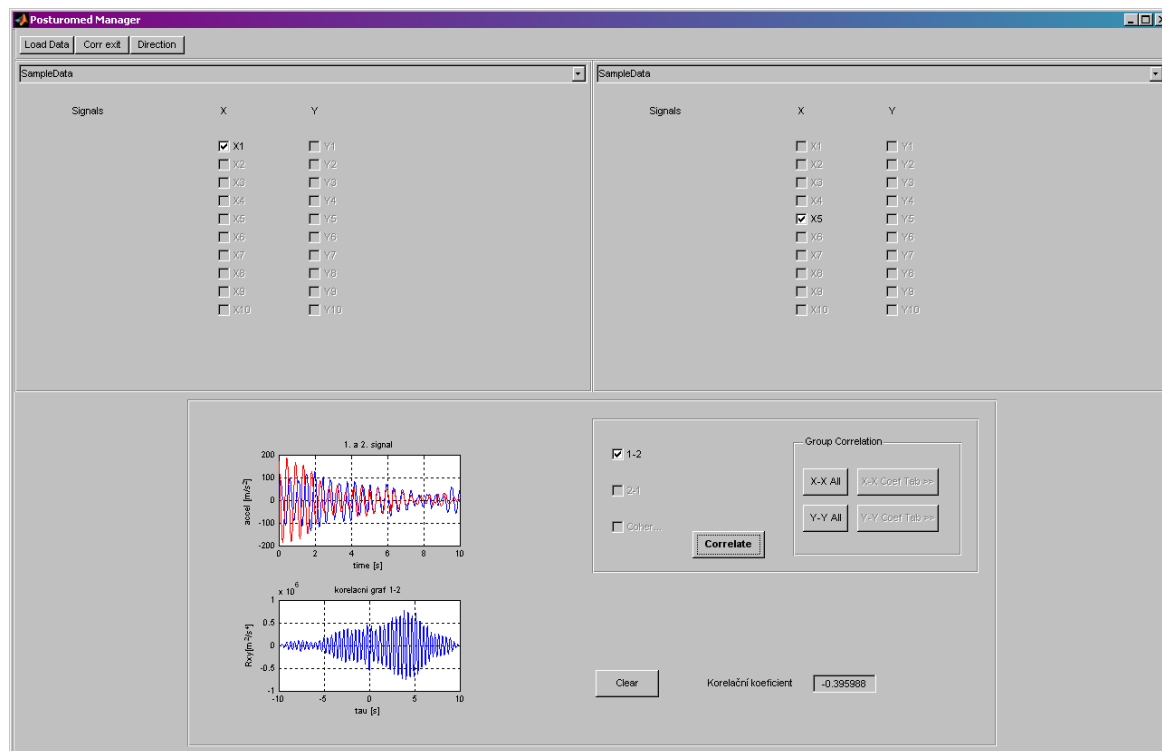


Obr. 52 Zobrazení ve zvláštních oknech jednoduchým stiskem pravého tlačítka myši

11.2.1.10 Korelační panel

Pro výpočet korelace dvou a více signálů stačí kliknout na tlačítko Correlation. Data nejsou potřeba nahrávat, pokud jsme tak udělali pro vykreslení jednoho z předchozích průběhů z funkčních tlačítek.

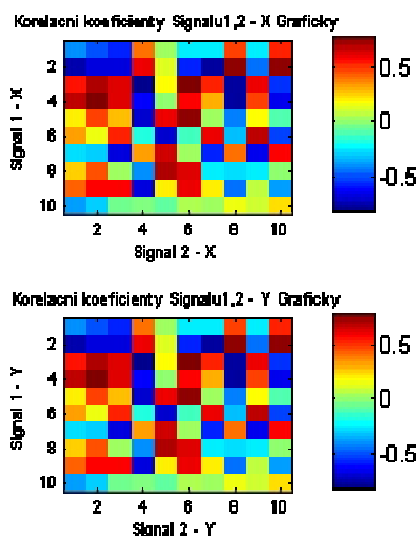
Korelační panel umožňuje korelovat signály dvou souborů mezi sebou. Nástroj je vhodný k porovnávání podobnosti dat pacientu před a po terapii.



Obr. 53 Korelační panel

Po kliknutí na tlačítko Correlation se otevřou korelační panely na obou stranách. Lze zde ručně zaškrtnout který signál daného souboru chceme korelovat. Data volíme z popup menu. Algoritmus je ošetřen tak, aby nebylo možné porovnávat X signály s Y signály a naopak. Tyto korelace dávají totiž irelevantní výsledky. Po zaškrtnutí vybraného signálu, se nám zobrazí v časové oblasti v horním ze dvou oken, do stejného okna se pak zobrazí i druhý ze zvolených signálů. Zvolíme jednu z možností korelace a tlačítko Correlate provede korelaci v časové oblasti (v případě volby Coher, ve frekvenční oblasti) a zobrazí korelační (koherenční) funkci a vypočítá korelační koeficient korelovaných signálů. Nutno podotknout, že v případě, kde je vpravo i vlevo vybrán stejný datový soubor, výsledky budou autokorelační.

Lze tedy porovnávat signály každý zvlášť, ale také hromadně. Pomocí tlačítek X-X All a Y-Y All se provede korelace všech Y resp. Y signálů na obou stranách.



Obr. 54 Korelační koeficienty X a Y signálů vzorku SampleData a SampleDataNach, vyjádření v barevné škále

V signálovém okně se zobrazí spočítané korelační koeficienty vyjádřené v barevné škále. Při kliknutí tlačítka X-X Coef Tab nebo Y-Y Coef Tab, se nám zobrazí hodnoty korelačních koeficientů v přehledné tabulce. Tlačítko Clar pak uvede korelační panel do výchozího stavu.

Korelační koeficienty: X data Signal 1: Signal 2										
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
X1	-0.406806	-0.512024	-0.571674	0.386439	0.0232514	-0.263413	-0.26056	0.466789	-0.258207	0.51316
X2	-0.742256	-0.676205	-0.671118	0.590257	0.116146	-0.586652	-0.76334	0.742538	-0.450569	0.737952
X3	0.54759	0.70526	0.621671	-0.813201	0.182431	0.784945	0.523903	-0.773263	0.604029	-0.54873
X4	0.67371	0.784551	0.631503	-0.616057	-0.0102222	0.579963	0.309889	-0.782829	0.475459	-0.654393
X5	0.203454	0.476829	0.282111	-0.693405	0.585799	0.74809	0.0248495	-0.425327	0.162277	-0.0915638
X6	0.324045	0.146123	0.513236	-0.164006	-0.69655	-0.118337	0.608374	-0.320618	0.66439	-0.517021
X7	-0.28178	-0.301877	-0.66932	0.314137	0.650837	0.0336748	-0.575556	0.386905	-0.638621	0.5754
X8	0.23853	0.439235	0.0274966	-0.402674	0.704319	0.613387	-0.258323	-0.277716	-0.255095	0.00936655
X9	0.42079	0.581295	0.583822	-0.673248	0.204509	0.60093	0.201126	-0.45366	0.0736536	-0.375433
X10	-0.367833	-0.28936	-0.0547124	-0.0366271	-0.067888	0.0443555	0.0231307	0.15931	0.0959245	0.231901

Korelační koeficienty: Y data Signal 1: Signal 2										
	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
Y1	-0.406806	-0.512024	-0.571674	0.386439	0.0232514	-0.263413	-0.26056	0.466789	-0.258207	0.51316
Y2	-0.742256	-0.676205	-0.671118	0.590257	0.116146	-0.586652	-0.76334	0.742538	-0.450569	0.737952
Y3	0.54759	0.70526	0.621671	-0.813201	0.182431	0.784945	0.523903	-0.773263	0.604029	-0.54873
Y4	0.67371	0.784551	0.631503	-0.616057	-0.0102222	0.579963	0.309889	-0.782829	0.475459	-0.654393
Y5	0.203454	0.476829	0.282111	-0.693405	0.585799	0.74809	0.0248495	-0.425327	0.162277	-0.0915638
Y6	0.324045	0.146123	0.513236	-0.164006	-0.69655	-0.118337	0.608374	-0.320618	0.66439	-0.517021
Y7	-0.28178	-0.301877	-0.66932	0.314137	0.650837	0.0336748	-0.575556	0.386905	-0.638621	0.5754
Y8	0.23853	0.439235	0.0274966	-0.402674	0.704319	0.613387	-0.258323	-0.277716	-0.255095	0.00936655
Y9	0.42079	0.581295	0.583822	-0.673248	0.204509	0.60093	0.201126	-0.45366	0.0736536	-0.375433
Y10	-0.367633	-0.28936	-0.0547124	-0.0366271	-0.067888	0.0443555	0.0231307	0.15931	0.0959245	0.231901

Obr. 55 Tabulky korelačních koeficientů X a Y signálů vzorku SampleData a SampleDataNach

Korelační matice udává hodnotu korelačního koeficientu. Pro koeficient korelace platí:

$-1 \leq k \leq 1$ a rovnosti mezi hodnotami x_1, \dots, x_n a y_1, \dots, y_n existuje úplná lineární závislost.

- V případě kladné korelace hodnoty obou proměnných zároveň stoupají.
- V případě záporné korelace hodnota jedné proměnné stoupá a druhé klesá.
- V případě neexistence lineárního vztahu je koeficient roven nule.

Korelační analýza prověřuje existenci závislosti mezi x , y a její těsnost. Míru intenzity závislosti je koeficient korelace.

Můžeme tedy porovnávat dva naměřené soubory hodnot pacienta. Korelační analýzu lze tedy použít pro hodnoty, kde se očekává nějaká korelace. Například dvě měření stejného pacienta po sobě.

11.2.1.10.1 Výpočet korelačního koeficientu

V našem případě, kdy veličiny X a y jsou kvantitativní náhodné veličiny se společným dvourozměrným normálním rozdělením, je pro konkrétní hodnoty $(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$ výběrový korelační koeficient dán vztahem – Pearsonův korelační koeficient:

$$k = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}. \quad [10]$$

Součty čtverců ve jmenovateli jsou $n-1$ násobkem výběrových rozptylů. Proto se často setkáváme s jednodušším vyjádřením Pearsonova korelačního koeficientu:

$$k = \frac{s_{xy}}{s_x s_y}.$$

Kde s_x je směrodatná odchylka proměnné X , s_y směrodatná odchylka proměnné Y a s_{xy} takzvaná kovariance proměnných S a Y :

$$s_{xy} = \frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}). \quad [10]$$

Správná interpretace Pearsonova korelačního koeficientu předpokládá, že obě proměnné jsou náhodné veličiny a mají společné dvourozměrné normální rozdělení. Potom nulová korelační koeficient znamená, že veličiny jsou nezávislé. Pokud není splněn předpoklad dvourozměrné normality, z nulové hodnoty korelačního koeficientu nelze usuzovat na nic víc, než že veličiny jsou nekorelované.

11.2.1.11 Analýza dat pro vykreslení směrové výchylky

Dalším zpracováním dat z Posturomedu měl být program pro analýzu směrové výchylky. Protože opět měl být výsledkem softwarový program, rozhodla jsem se analýzu směrové výchylky vplementovat do již hotového Posturomed Manageru.

Analýzou dat z terapeutické plošiny Posturomed se již zabývalo ve svých bakalářských či diplomových pracích více lidí z různých fakult a oborů. Viz reference např. [3][4]. Analýzy byly pojaty z různých úhlů pohledu, ať už pouze na klinické úrovni, subjektivně na základě pozorovaných vizualizací, analýzou spektrogram, analýzou ve frekvenční oblasti.

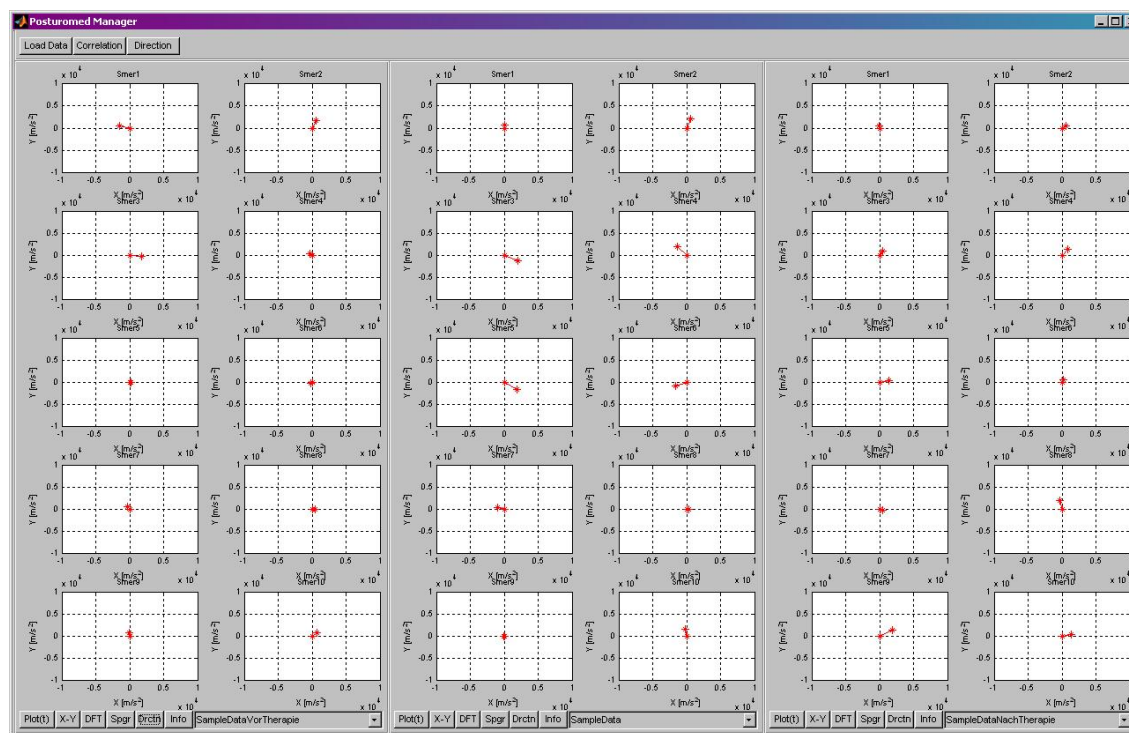
Při vlastní analýze jsem vycházela z těchto základních otázek a předpokladů:

- Posturomed je nestabilní plošina, pacient s danou dysfunkcí se snaží udržet rovnováhu.
- Rozdíl v udržení rovnováhy u pacienta s odbržděnou nebo zabržděnou plošinou.
- Rozdíl v naměřených signálech u zdravého pacienta oproti pacientovi s klinickým nálezem posturální instability.
- Jak nejlépe objektivizovat vliv terapie, která měla zlepšit posturální řízení.

11.2.1.11.1 Matematický model

Dlouho jsem přemýšlela jak vlastně vypočítat tuto směrovou výchylku z naměřených dat.

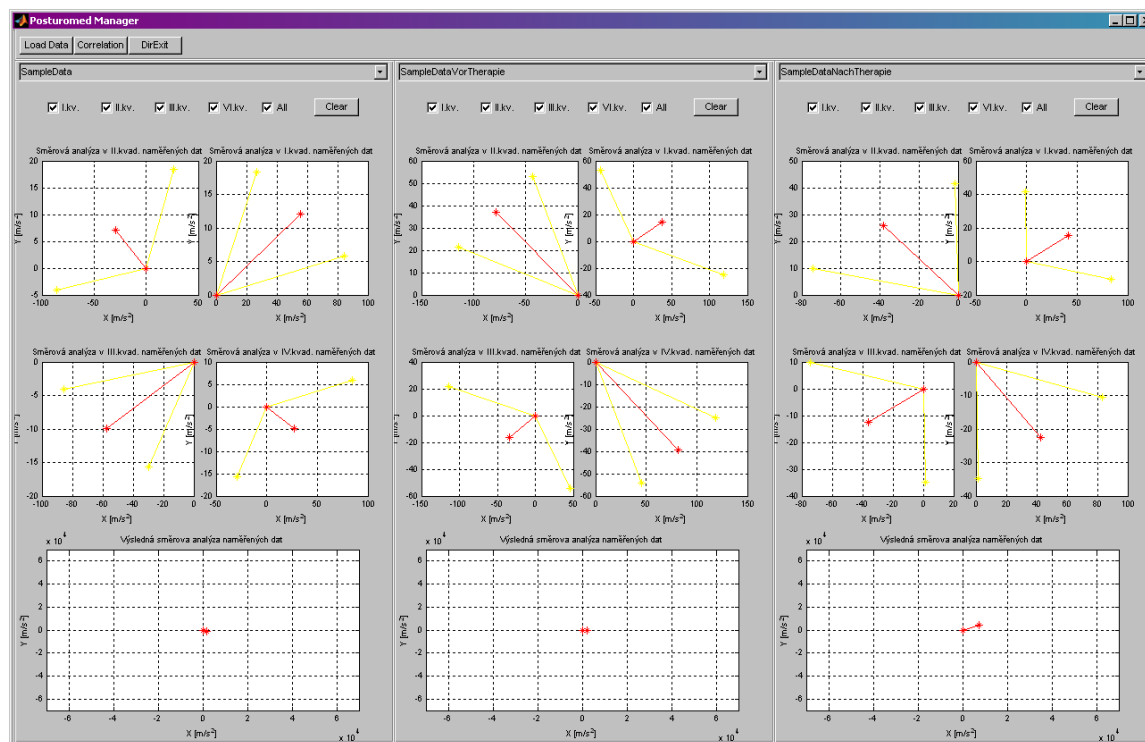
Pro rychlou směrovou analýzu v hlavním okně Posturomed Manageru jsem se rozhodla pro jednoduchý výpočet a to vektorový součet jednotlivých naměřených vektorů. Každý naměřený bod má hodnotu x a y . Při přiřazení počátku soustavy souřadnic $[0,0]$ ho můžeme považovat za vektor. Jelikož jsem nechtěla zasahovat do panelových oken, rozhodla jsem se tuto rychlou směrovou analýzu taktéž provést do deseti průběhů jako tomu je již v předchozích případech.



Obr. 56 Rychlá analýza směrové výchylky

11.2.1.12 Panel směrových výchylek

Panel je rozdělen na část zaškrťovacích políček (check box) pro vykreslení chtěného kvadrantu pro daná data, které si uživatel vybere v popup menu. Dále část grafů, které představují jednotlivé kvadranty soustavy souřadnic. V těch se vyobrazí výsledný vektor pro daná data, naměřená v označeném kvadrantu. Další a zároveň poslední částí tohoto panelu je výsledná směrová výchylka naměřených dat pacienta.



Obr. 57 Panel směrových výchylek

U vlastní analýzy směrové výchylky se jedná o jiný princip výpočtu než u rychlé směrové výchylky v hlavních panelech programu.

Směrová analýza naměřených dat je rozdělena do jednotlivých kvadrantů pro správné posouzení vyrovnávání stability pacienta na Posturomedu. V každém kvadrantu jsou vektory vypočítány jako aritmetický průměr všech vektorů směřujících do toho jistého kvadrantu.

Tedy pro první kvadrant platí:

$$\text{pro } x \in (0; \infty); \quad \text{pro } y \in (0; \infty) \quad \vec{v}_1 = \left(\frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}; \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \right).$$

Pro druhý kvadrant platí:

$$\text{pro } x \in (-\infty; 0); \quad \text{pro } y \in (0; \infty) \quad \vec{v}_2 = \left(\frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}; \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \right).$$

Pro třetí kvadrant platí:

$$\text{pro } x \in (-\infty; 0); \quad \text{pro } y \in (-\infty; 0) \quad \vec{v}_3 = \left(\frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}; \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \right).$$

Pro čtvrtý kvadrant platí:

$$\text{pro } x \in (0; \infty); \quad \text{pro } y \in (-\infty; 0) \quad \vec{v}_4 = \left(\frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}; \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \right).$$

V posledním grafu je výsledná směrová výchylka. Je vypočítána jako aritmetický průměr všech naměřených hodnot pro pacienta:

$$\text{pro } x \in (-\infty; \infty); \quad \text{pro } y \in (-\infty; \infty) \quad \vec{v} = \left(\frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}; \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \right).$$

11.2.1.12.1 Analýza směrové výchylky

Pacient, který je měřený na této nestabilní plošině pro vyrovnání rovnováhy rozkmitá plošinu. Kmitý se pohybují ve dvou osách, třetí neměřím. Velikosti kmitů, zejména jejich amplitudz určují směrovou výchylku.

Směr výchylky, určuje jakým směrem pacient kmital před ustálením nebo ukončením měření. Nejčastější výchylka u posturální poruch i zdravých pacientů je dopředu a doprava, tedy ve směru kladné osy Y a ve směru kladné osy X.

Velikost směrové výchylky u pacienta určuje, kolik kmitů v určitém kvadrantu převládalo. Tzn. pokud je směrová výchylka blízko nuly, pacient měl amplitudy jednotlivých kmitů stejně velké v obou polorovinách (nad nulou, pod nulou).

Jak dále analyzovat průběhy směrové výchylky na reálných naměřených datech pacientů je probráno v další kapitole.

11.2.2 Podmínky pro analýzu dat

Pro správnou analýzu dat nejen pro směrovou výchylku je nutné, aby pacient stál v těžišti plošiny. Plošina je zavěšená na oscilujících těliscích, proto by měl pacient stát ve středu této plošiny, viz. Obr. 6

Je opravdu nutné aby jednotlivé soubory naměřených dat nezačínaly číslem. Pokud je potřeba dodat ke jménu stupeň zátěže na plošinu, určitě vpisovat za jméno pacienta.

Počet vzorků a vzorkování musí být shodně, tj. 800.

V programu Bioswing vyplňovat jméno pacienta, které bude moct dále zpracovávat program Posturomed Manager.

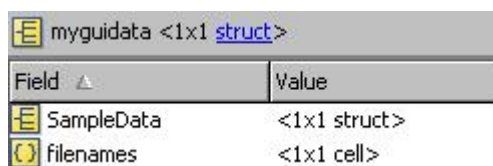
Pro správnou a co nejpřesnější diagnostiku je nutné pacienty uvést z nultého stádia obtížnosti na třetí nebo páté a tyto data změřit. Ty jsou totiž nejvíce důležité a z nich lze vyčíst důležité příznaky pro diagnózu pacientovi dysfunkce či nestability. Jiná data než z odbrzděné plošiny nemají smysl v Posturomed Manageru vyhodnocovat! Vyhodnocení je postaveno na důležitých příznacích, kterých si musí uživatel všimnout v každém vykreslení.

Mezi hlavní příznaky patří – útlum kmitů, ustálení vůči počáteční amplitudě, velikost maximální amplitudy a počet kmitů.

Samozřejmě nulté stádium obtížnosti je možné také naměřit, při vyšší nestabilitě pacienta. Tyto data následně analyzovat.

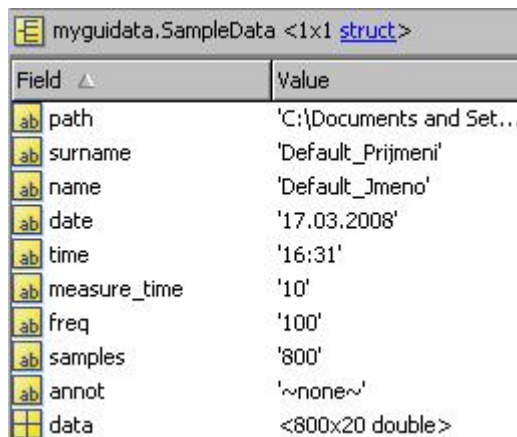
11.2.3 .mat Struktura

Posturomed Manager je schopen uložit veškerá načtená data to zvláštního přehledné .mat struktury kterou nazve „myguidata“. Struktura je rozdělená do kolonek viz. Obr. 58



Field	Value
SampleData	<1x1 struct>
filenames	<1x1 cell>

Obr. 58 Struktura .mat



The screenshot shows the MATLAB variable explorer for a variable named 'myguidata.SampleData' of type '<1x1 struct>'. The table below represents the data shown in the explorer:

Field	Value
path	'C:\Documents and Set...
surname	'Default_Prijmeni'
name	'Default_Jmeno'
date	'17.03.2008'
time	'16:31'
measure_time	'10'
freq	'100'
samples	'800'
annot	'~none~'
data	<800x20 double>

Obr. 59 Struktura načtených dat – SampleData

11.2.4 Stručný popis kódu

Program je celý vytvořen v prostředí Matlab a to pouze pomocí příkazů GUI. Všechny funkce i grafické objekty jsou vytvořeny v hlavním m-file, ze kterého jsou volány. Struktura hlavního m-file se nazývá Posturomed_Manager.m.

Hlavní m-file Posturomed_Manager.m jak už bylo řečeno obsahuje kódy všech grafických prvků programu a funkcí. I tyto prvky a funkce jsou v řazené za sebou v kódu podle toho jak byly tvořeny a na základě důležitosti. Hned v počátku kódu, kde jsou určeny hlavní vlastnosti grafického okna (figure), lze zvětšit počet grafických panelů (`N_PANELS = 3;`) ze tří na čtyři a funkcím již napsaným se to nikterak nedotkne a budou fungovat i pro více panelů.

Před samotným spuštěním programu Posturomed_Manager, je nutné spustit m-file Config.m. Ten nastaví správnou cestu v uživatelském prostředí Matlab pro volání jednotlivých vnořených funkcí.

Struktura kódu je velmi přehledná díky těmto funkcím, které jsou napsány vždy do zvláštního m-file. V každé funkci se dá snadno zorientovat, kdy se pracuje s daty, grafickými objekty nebo s úpravou grafů pomocí popisků.

Samotný Matlab komunikuje v angličtině a proto jsem se rozhodla i objekty a funkce pojmenovávat anglicky. Stejně tak i jejich vlastnosti a různé nastavení grafických objektů.

Při tvorbě kódů jsem využívala samotnou nápovědu v Matlabu – pomocí příkazů „help příkaz“ nebo pomocí nabídky „Start“ v uživatelském rozhraní Matlab. [8] [9]

12 Testování reálných naměřených hodnot

12.1 Soubor pacientů

12.1.1 Známá diagnóza pacientů

Pro terapeutické stádium 0 – obě brzdy uzamčené:

- DV – distorze hlezna dx. 2006
- DK – přetížení kolen billat.
- LA - zdrav
- MN – plastika LCA sin. + meniskus 2007
- SB – skoliosa, zkrat lemuru dx.
- ICh – úraz kyčle sin. 2001
- LM – před operací mediálního menisku dx., plastika LCA sin. 2004
- MZ – poranění hlezna dx. 1999
- PS – distorze hlezna billat., distorze kolene sin. 2001
- PH – pes cavus sin., skok o tyči do 2003
- TK – distorze hlezna billat., distorze hlezna dx. 2004
- ZK – chondropatie kolen billat., distorze kolene sin. 2001

Pro terapeutické stádium 3 – jedna brzdy uvolněná:

- DV – distorze hlezna dx. 2006
- IK – přetížení kolen billat.
- LA - zdrav
- MN – plastika LCA sin. + meniskus 2007
- SB – skoliosa, zkrat lemuru dx.
- VF – distorze hlezna dx. 2004
- HM – zvětšená hrudní kyfóza, zvětšená bederní lordóza
- PK – ruptura LCA dx., plastika LCA dx. 2009

Pro terapeutické stádium 5 – obě brzdy uvolněné:

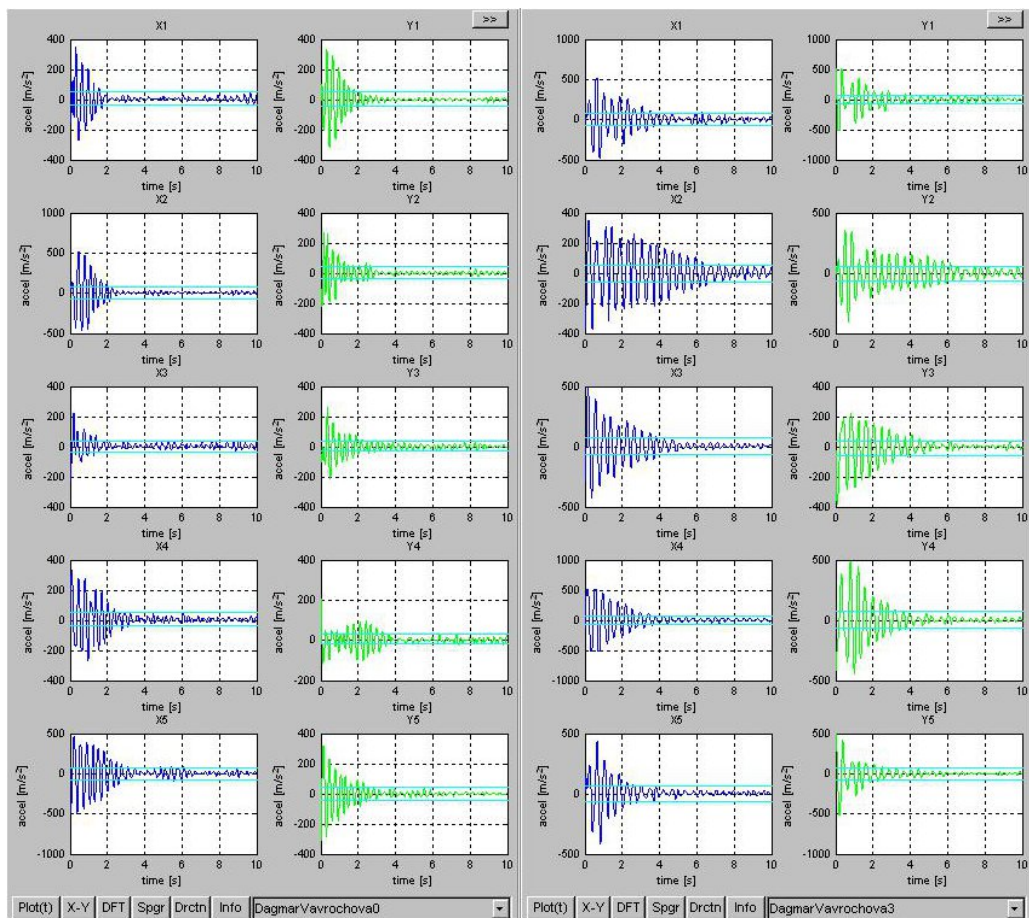
- ICh – úraz kyčle sin. 2001
- LM – před operací mediálního menisku dx., plastika LCA sin. 2004
- MZ – poranění hlezna dx. 1999
- PS – distorze hlezna billat., distorze kolene sin. 2001
- PH – pes cavus sin., skok o tyči do 2003
- TK – distorze hlezna billat., distorze hlezna dx. 2004
- ZK – chondropatie kolen billat., distorze kolene sin. 2001

12.1.2 Naměřené směrové výchyly pacientů

Měření proběhlo ve dnech 14. – 18. prosince 2009 ve Fakultní nemocnici Ostrava. Orientace os x,y z čidla korespondovala s osami na Posturomedu. Měření bylo realizováno za pomoci systému Microswing 5.0.

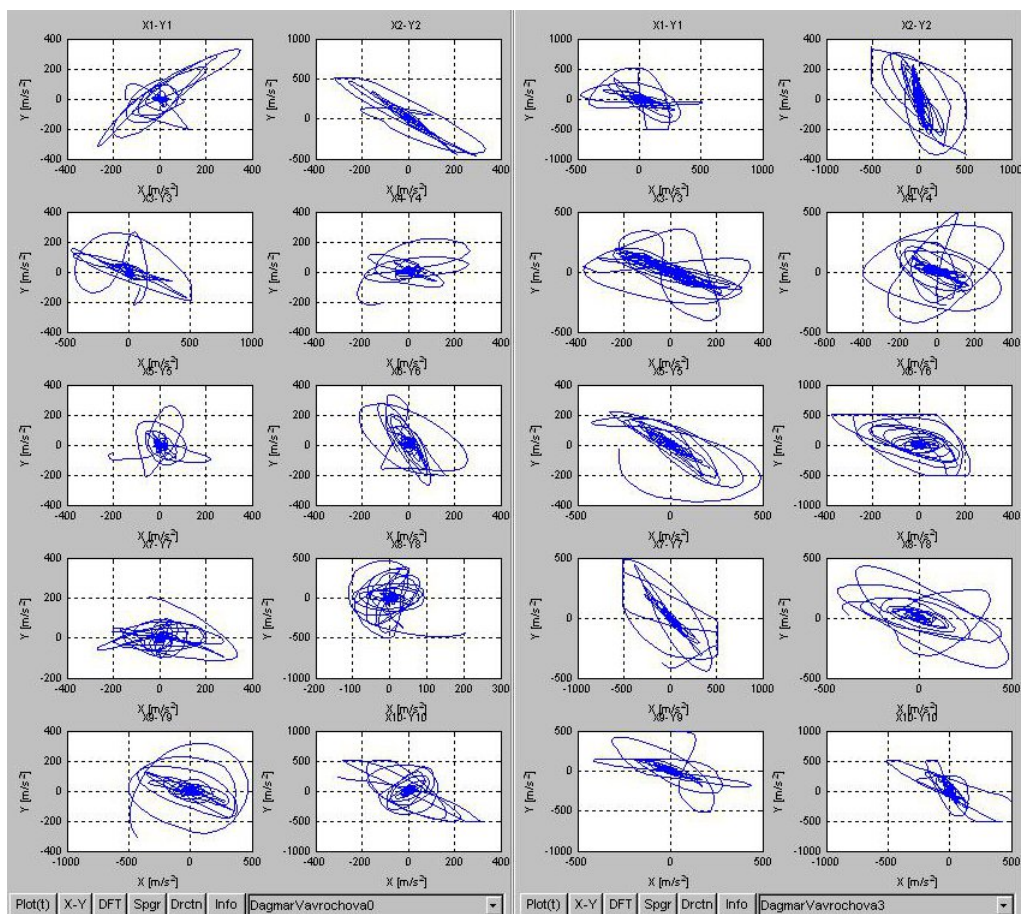
Každý subjekt byl měřen dvakrát a mezi jednotlivými měřeními byla stanovená 3 minutová pauza. Je potřeba si dále uvědomit, že naměřená data jsou ze stejného datumu. Tedy

pacienti jsou pouze v jedné fázi léčby. Budu tedy srovnávat data, která by měla být de facto minimálně rozlišná. Protože pacient, který má nějakou dysfunkci dnes, bude měřen až po léčení a tyto data zatím není možné naměřit.



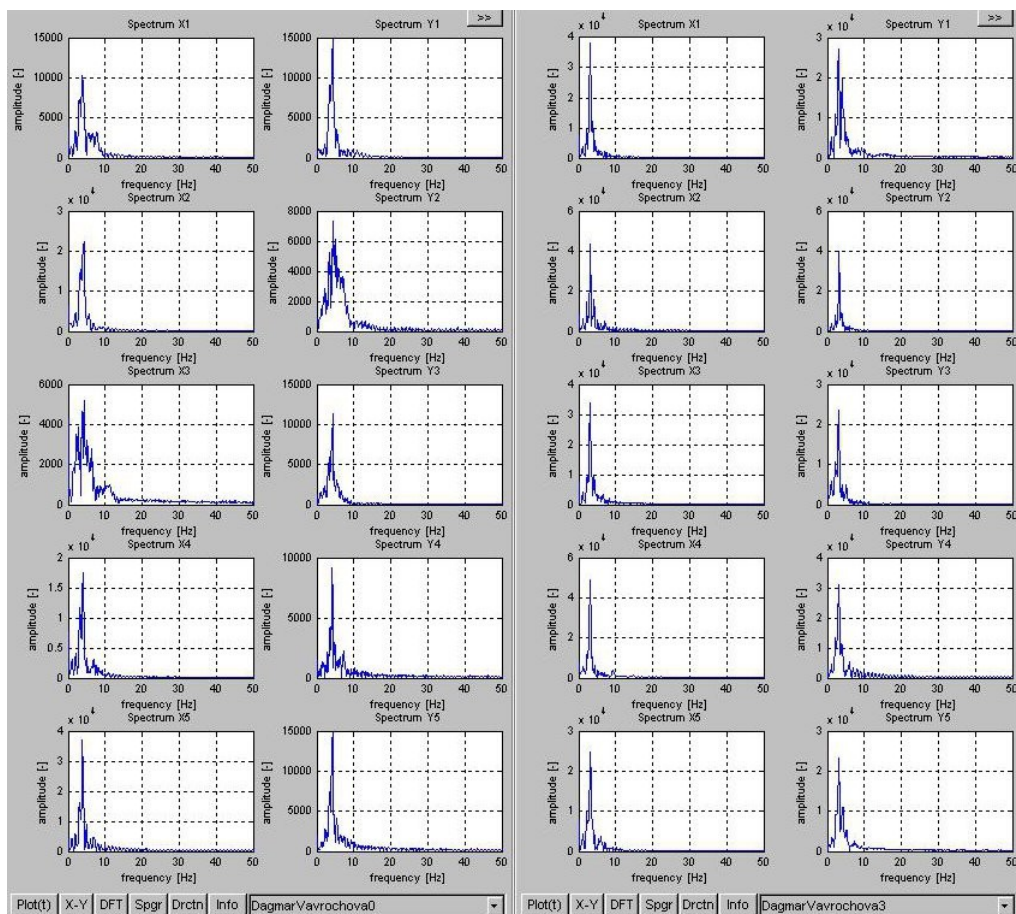
Obr. 60 Pacientka DV - vykreslení plot(t)

Tato pacientka má diagnózu – distorze hlezna dexter 2006. Pro vykreslení plot(t) jsem použila data ze stejného měření, pro dvě obtížnosti – stadium 0 a 3. Lze si jasně povšimnout, že v případě stadia 0, obě brzdy zavřené, se pacientka dokázala mnohem dříve ustálit pod 15% maximální amplitudy než při stádiu 3. Na projevení nestability je proto nutné pracovat s daty naměřenými na odbrzděné plošině.



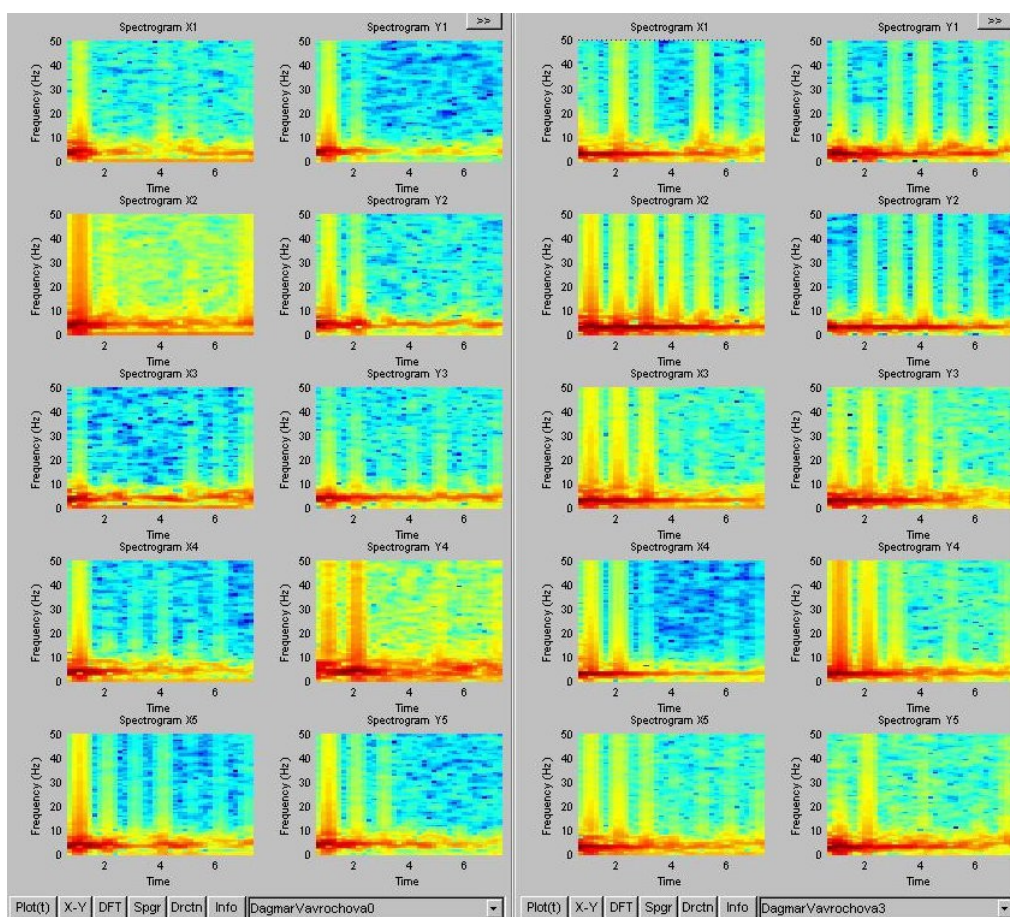
Obr. 61 Pacientka DV - vykreslení XY

U tohoto vykreslení je důležité si povšimnout, kolik velkých elips je v průběhu, než se zakreslí velké zahuštění křivky do středu. I v tomto vykreslení lze rozpoznat zdali jde u pacienta o velkou dysfunkci. Důležitý je tvar a osová souměrnost těchto elips.



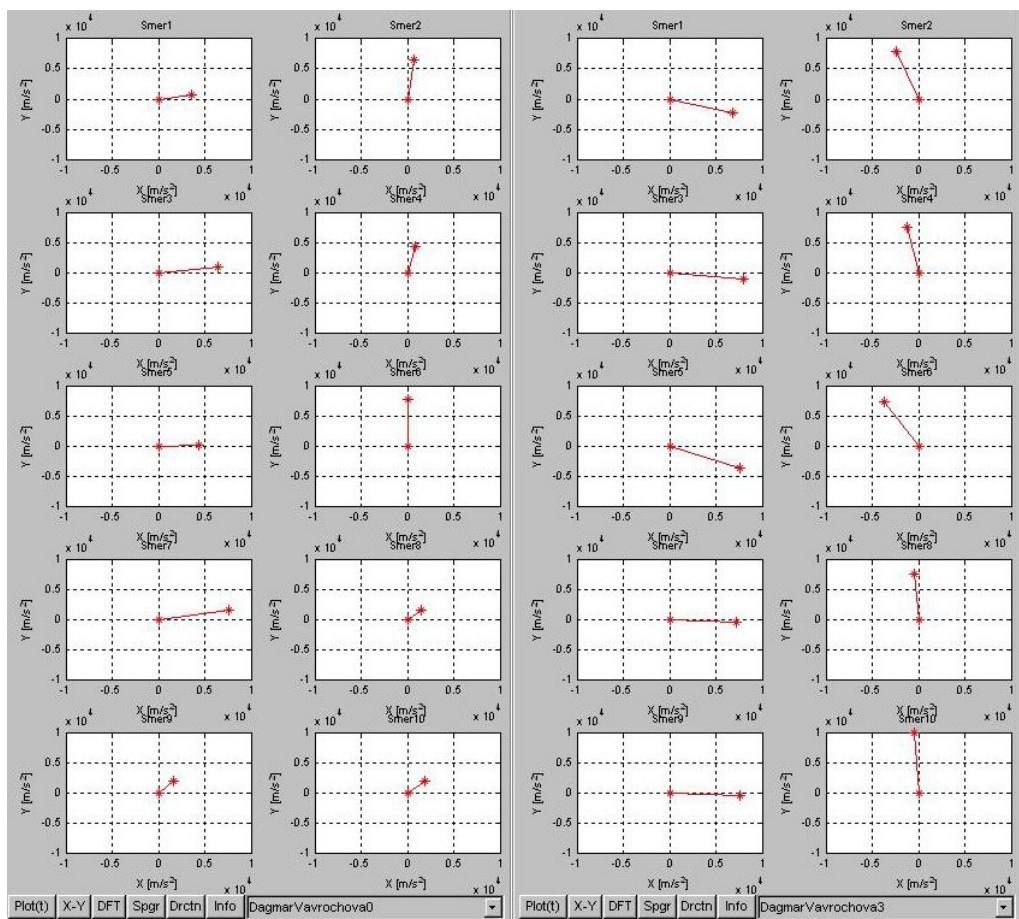
Obr. 62 Pacientka DV - DFT průběh

DFT je v podstatě rozklad na harmonické složky a určuje spektrum vzorků signálu.



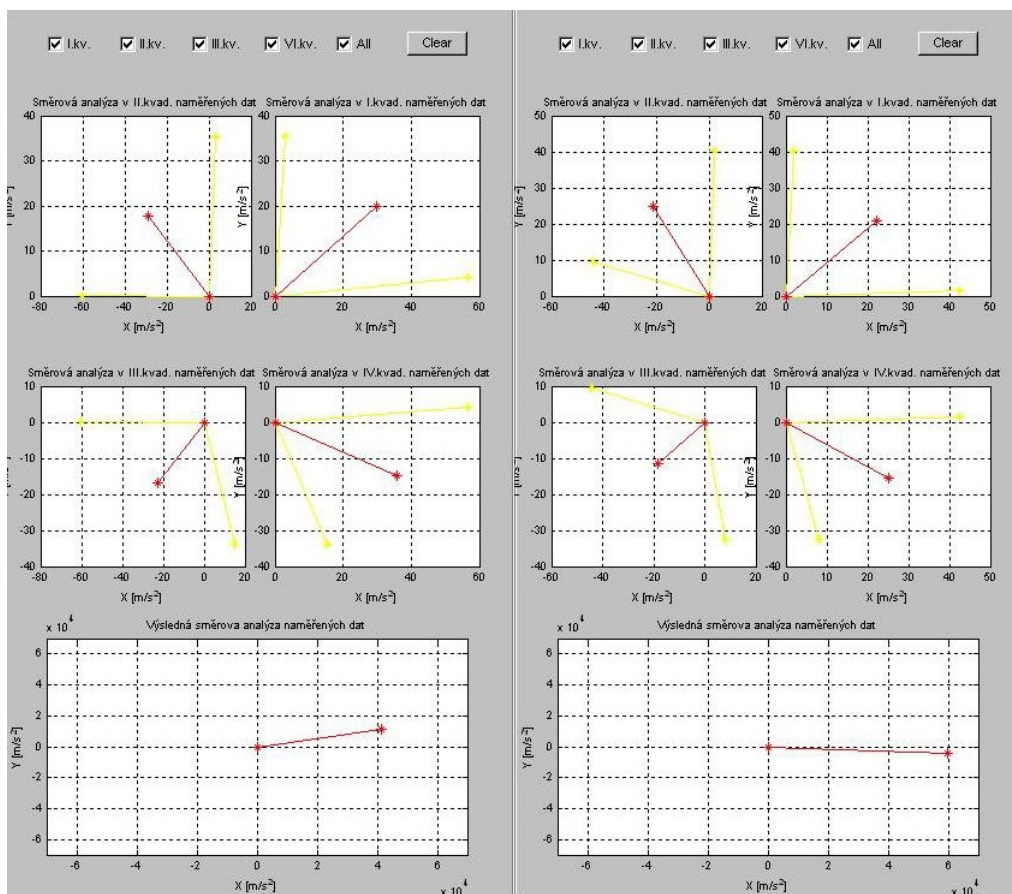
Obr. 63 Pacientka DV - spektrogramy

Diagnostika u těchto grafů se opírá o příručku k Posturomedu MUDr. Raševa. Kde zmiňuje, že spektrogram nestabilní osoby se projevuje prolínáním jednotlivých složek frekvencí např. spektrogram X2 ve stádiu 0. Spektrogram stabilní osoby jako silně ohraničené jednotlivé vzorky signálů např. spektrogram X2 ve stádiu 3.



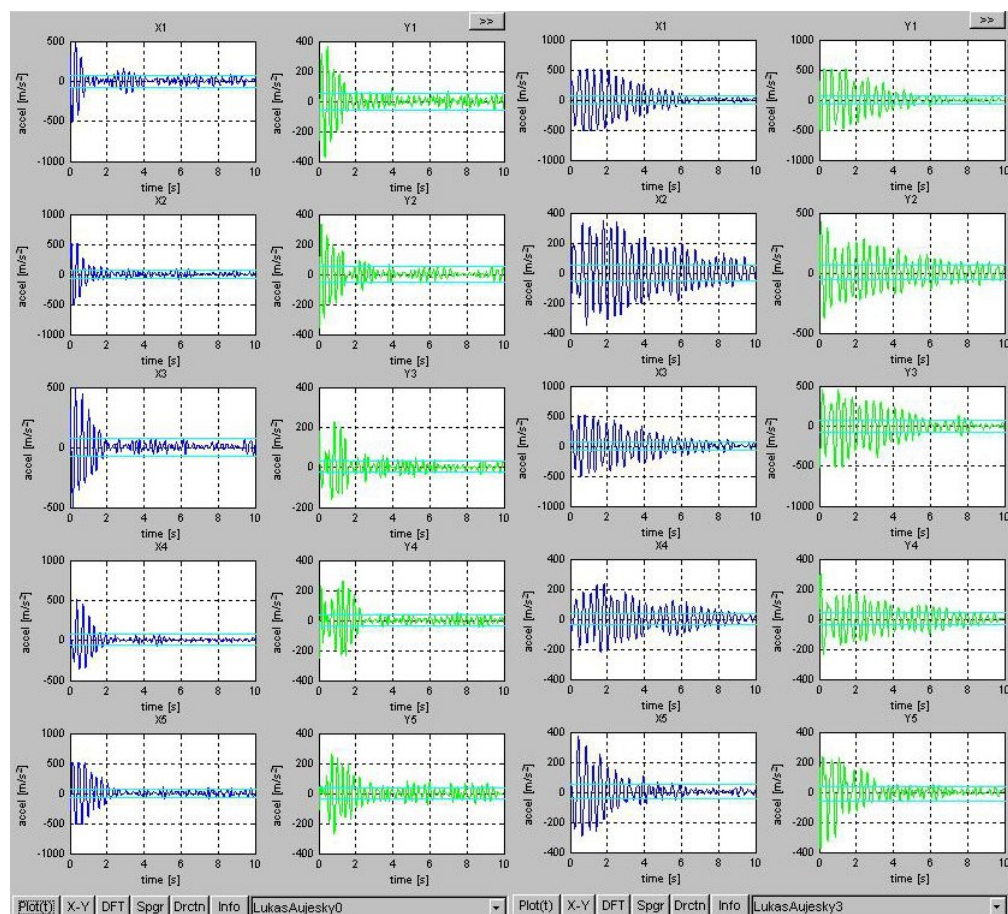
Obr. 64 Pacientka DV - průběhy rychlé směrové analýzy

Na naměřených datech lze opět zpozorovat, že pro pacientku bylo stádium 3 náročnější na stabilitu a směrové výchylky změnily trochu jak svůj směr tak i svou velikost.



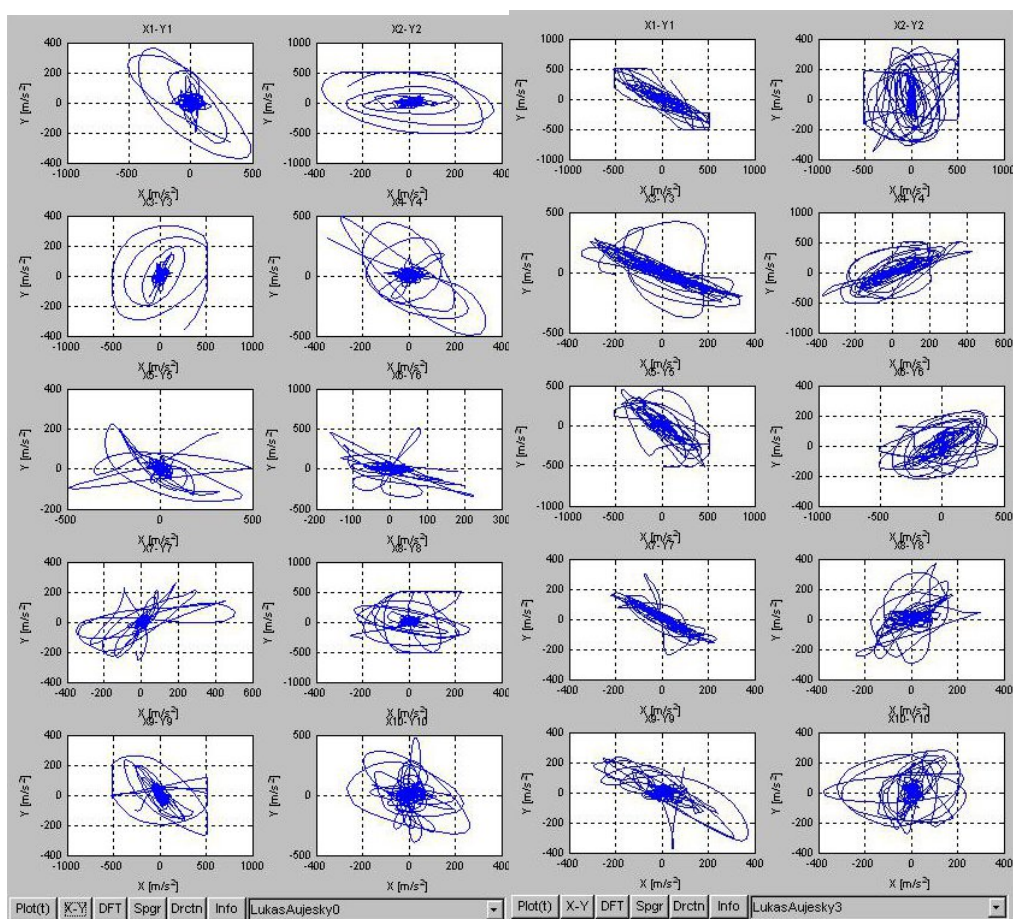
Obr. 65 Pacientka DV - Analýza směrové výchylky 0 a 3 stádium

Na základě těchto dvou měření lze vidět na první pohled, že vpravo se nestabilita pacienta projevuje mnohem více. Je to dáno samozřejmě větší obtížností nastavení plošiny Posturomedu.



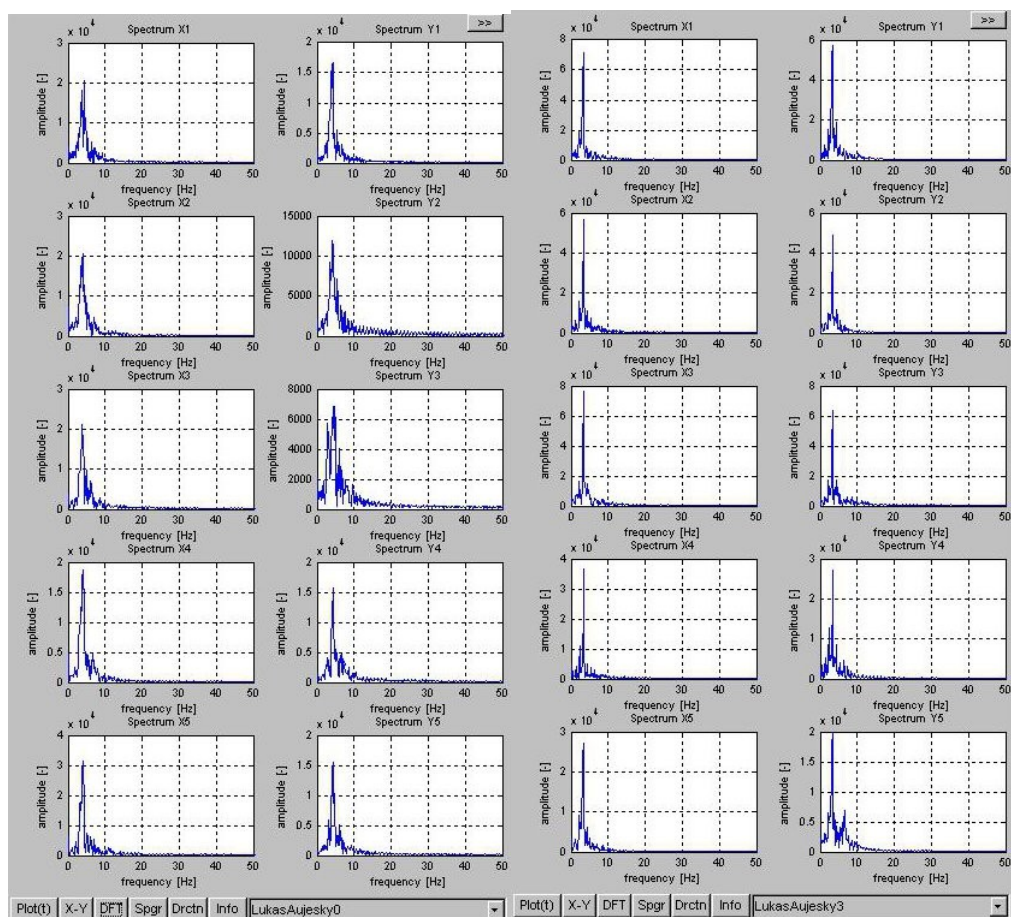
Obr. 66 Pacient LA - vykreslení plot pro 0 a 3 stádium

Data zdravého pacienta, který obtížněji vyrovnával stabilitu na plošině s jednou odbrzděnou brzdou. V nultém stádiu se zdá být tlumení kmitů naprosto v pořádku.



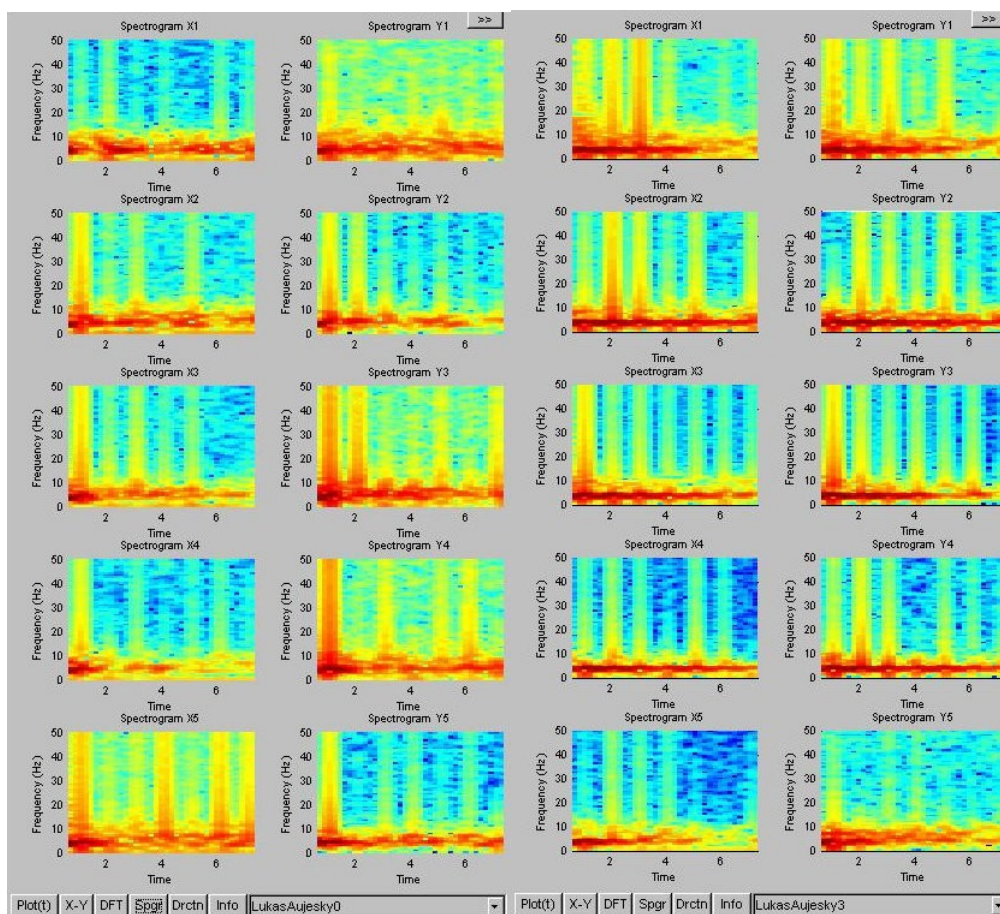
Obr. 67 Pacient LA - vykreslení XY pro stádium 0 a 3

V nultém stádiu jsou ukázkové grafy pro zdravého pacienta – graf X3-Y3, kdy data vykreslují postupně menší a menší elipsy směrem ke středu soustavy souřadnic.



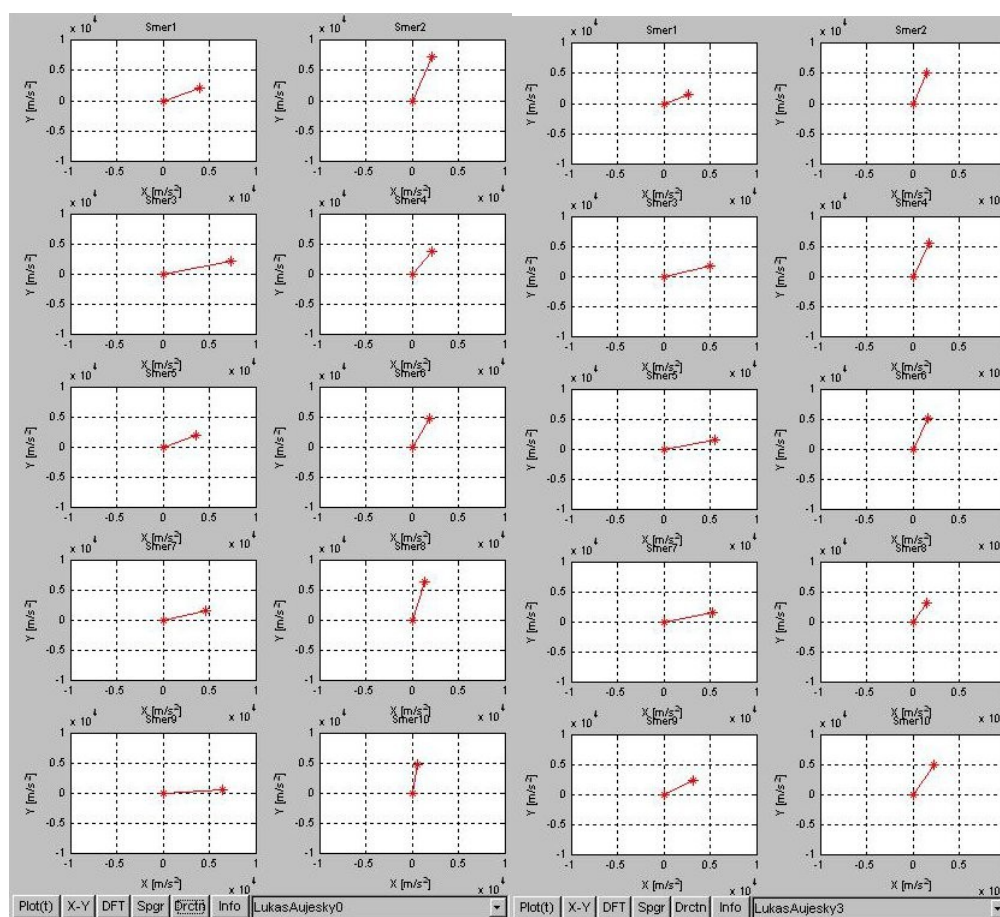
Obr. 68 Pacient LA - vykreslení DFT pro 0 a 3 stádium

U tohoto vykreslení můžeme porovnávat, jak se spektrum vzorků signálů v mění v závislosti na změně obtížnosti.



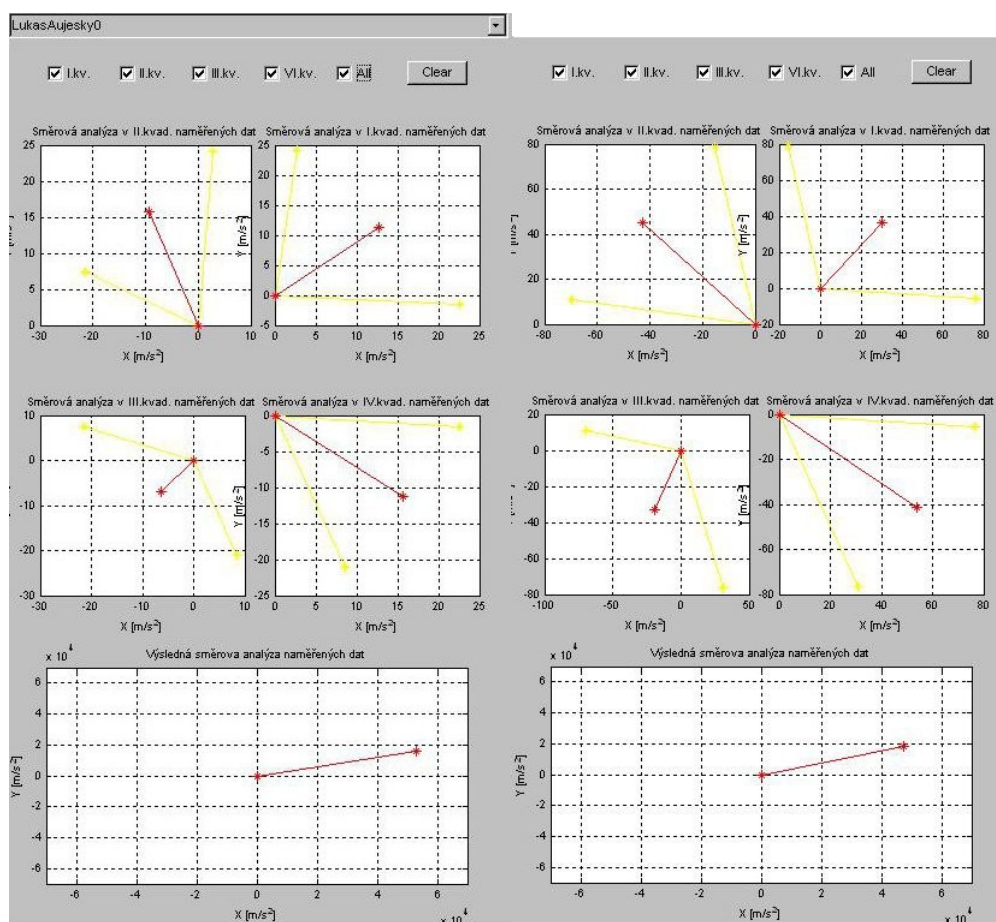
Obr. 69 Pacient LA - vykreslení spektra pro 0 a 3 stádium

Podle frekvenční analýzy dle MUDr. Raševa jsou spektra stabilního pacienta. V obou panelech pro různé obtížnosti je převaha stabilních spekter oproti nestabilním vykreslení spekter. Relativně nestabilní lze posoudit vykreslení Y1, Y3, Y4, Y5 v prvním panelu.



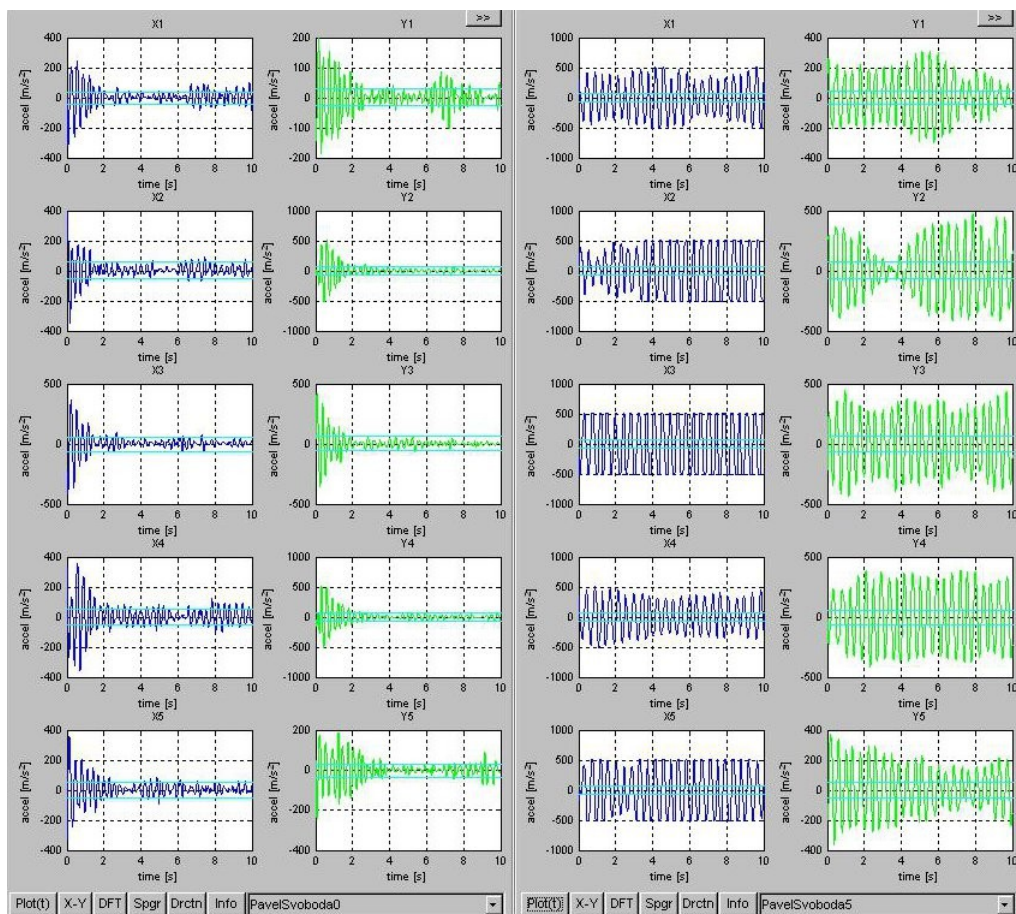
Obr. 70 Pacient LA - vykreslení směrové výchylky pro 0 a 3stadium

Směrová výchylka u tohoto pacienta není příliš velká a neliší se příliš v jednotlivých vykreslení. To by měla být známka toho, že pacient netrpí dysfunkcí. Neprojevuje se žádná nestabilita.



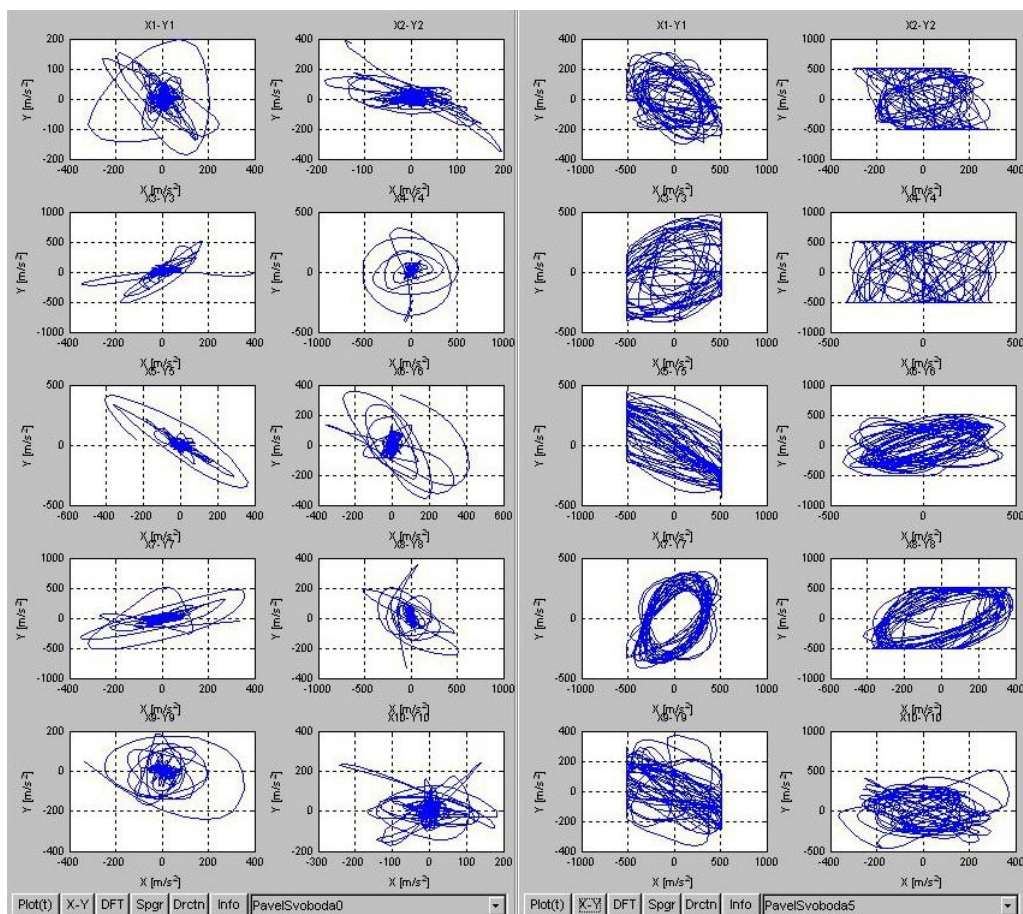
Obr. 71 Pacient LA - analýza směrové výchylky pro 0 a 3 stádium

Oba případy zátěže pro tohoto pacienta byly téměř shodné. Jeho směr vychýlení při vyrovnávání stability je stejný v obou případech.



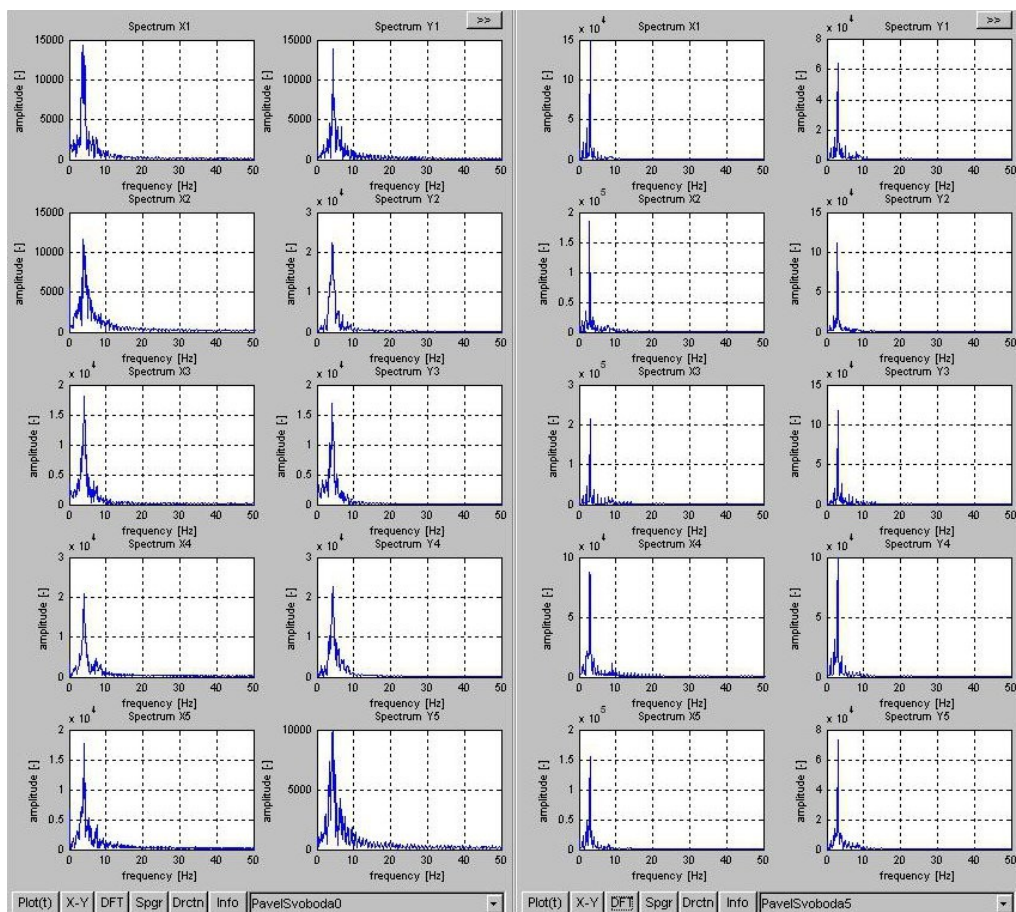
Obr. 72 Pacient PS - vykreslení plot(t) pro 0 a 5 stádium

Tento pacient má diagnózu disterze hlezna billat., disterze kolene sin. Je patrné na první pohled, že se zabrzděnou plošinou, nelze rozpoznat nestabilitu. Ovšem v pátém stádiu obtížnosti je již vše patrné. Téměř nedochází k útlumu jednotlivých kmitů.



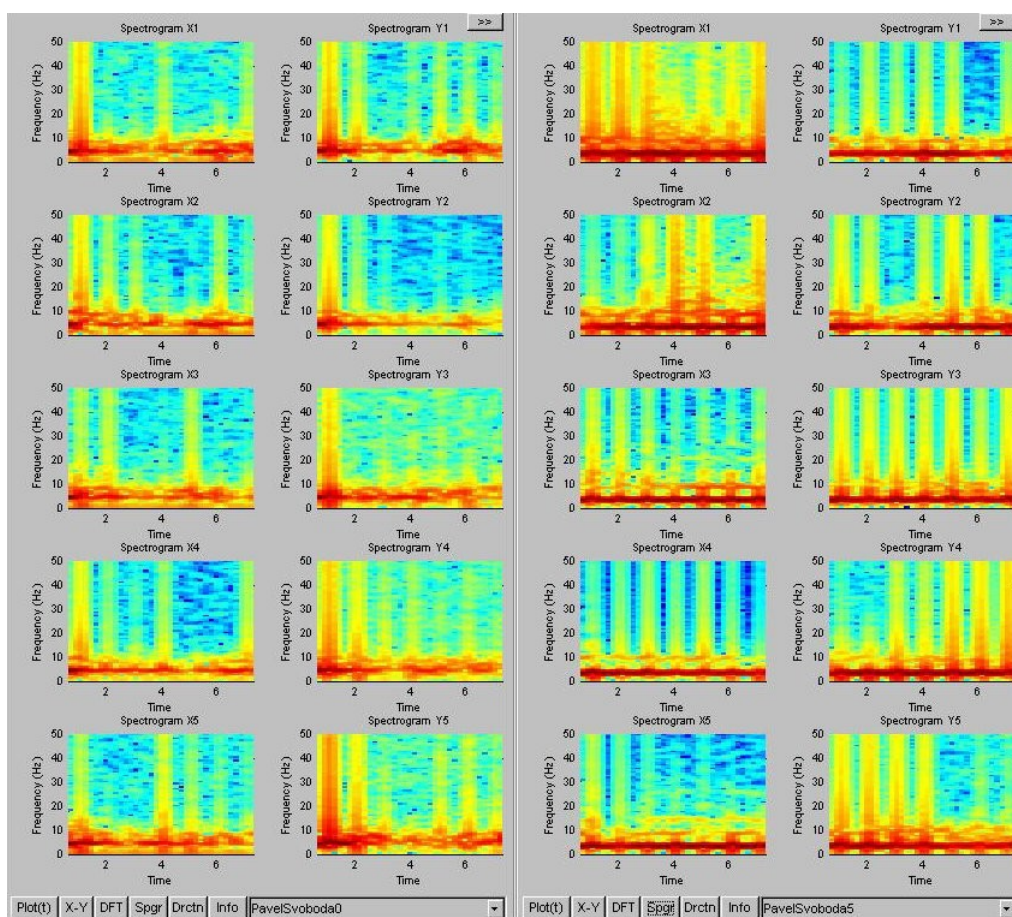
Obr. 73 Pacient PS - vykreslení XY pro 0 a 5 stádium

I v těchto průbězích je patrné, že pacient se při měření pátého stádia obtížnosti de facto nestabilizoval. Jeho jednotlivé elipsy se nezmenšují a nesměřují k počátku souřadnic.



Obr. 74 Pacient PS - vykreslení DFT pro 0 a 5 stádium

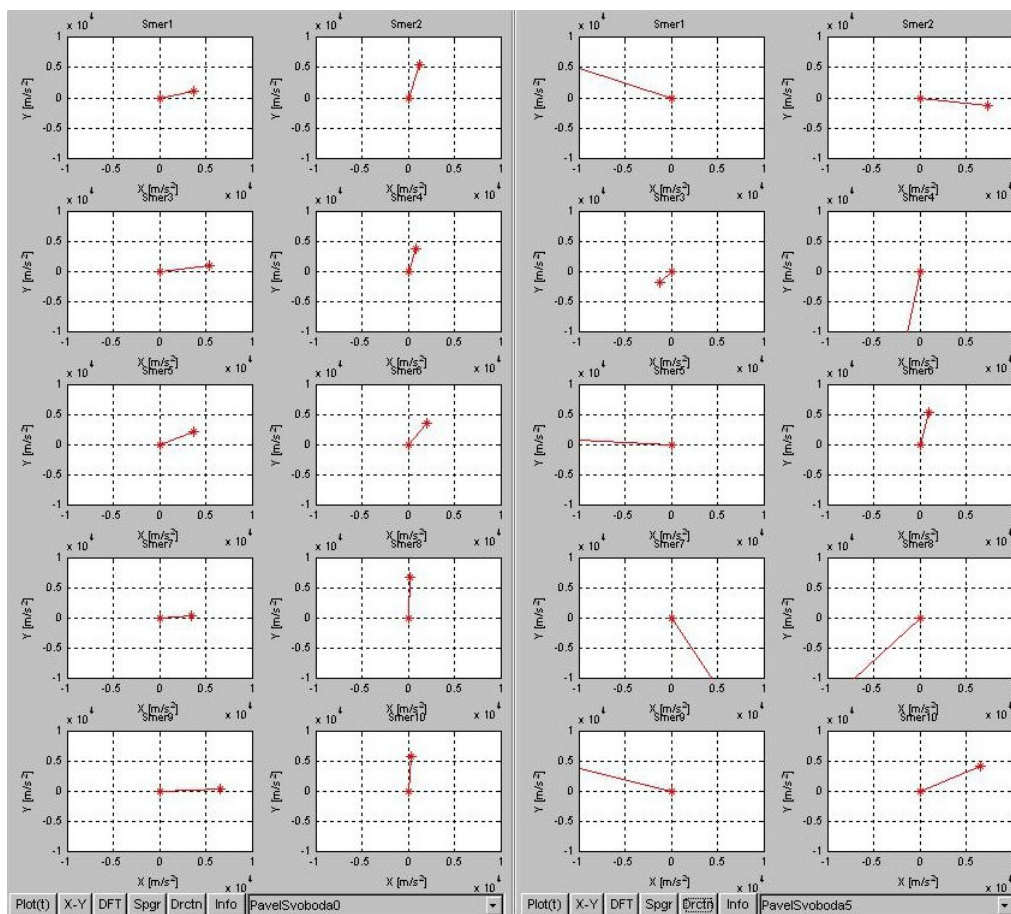
V pátém stádiu obtížnosti si můžeme všimnout, že spektrum signálů není příliš široké. A to z toho důvodu, že pacient kmital zhruba na stále stejné frekvenci se velkou amplitudou, tzn. nedokázal se ustálit, tím pádem utlumit kmity.



Obr. 75 Pacient PS - vykreslení spektra pro 0 a 5 stádium

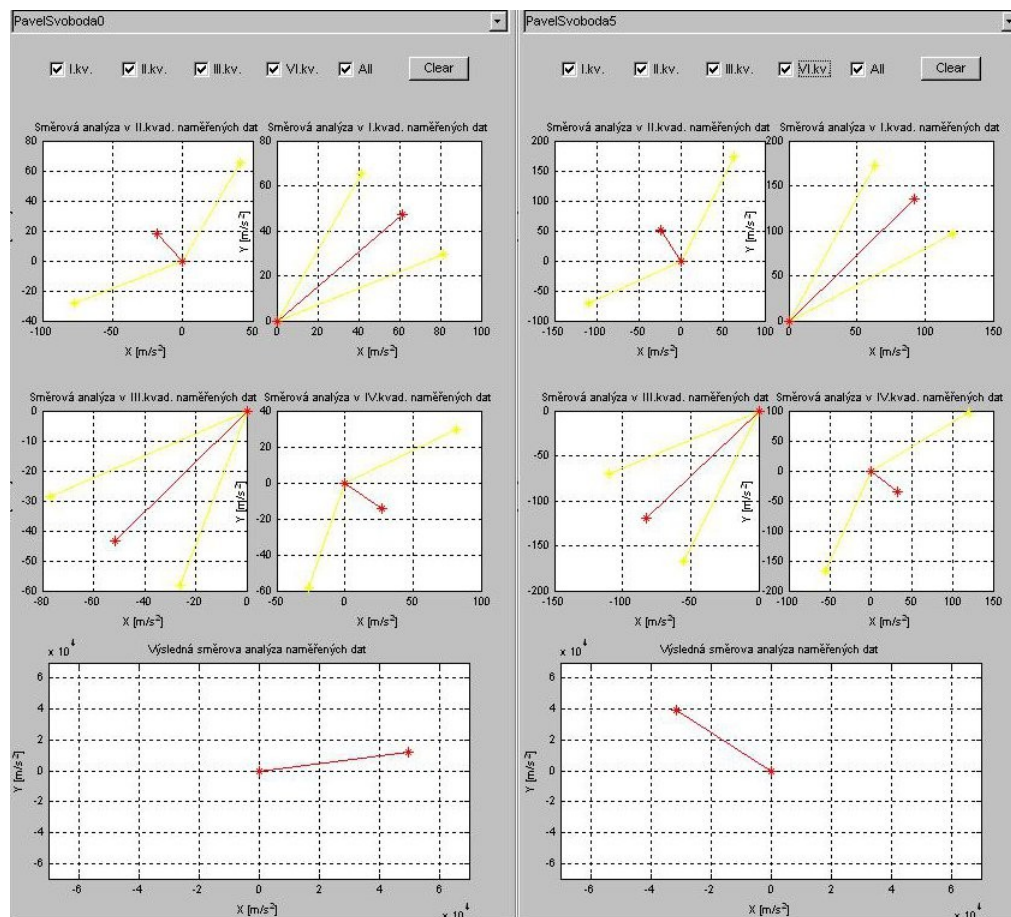
U spektrogramů lze vidět, že i ve vyšší frekvencích dochází k prolínání.

Při postoji na jedné noze lze velmi dobře pozorovat pokračující frekvenci s amplitudami odpovídajícími velkému množství úhybných pohybů.



Obr. 76 Pacient PS - vykreslení směrové výchylky pro 0 a 5 stádium

Na první pohled lze opět zpozorovat pacientovu nestabilitu při odbrzděné plošině.



Obr. 77 Pacient PS - vykreslení analýzy směrové výchylky pro stádium 0 a 5

Naprosto odlišné směrové výchylky při zabrzděné a odbrzděné plošině vypovídají o nestabilitě pacienta. V předchozí případě (p. LA) se tyto směrové výchylky se téměř nelišily. U předchozí pacientky se lišili taktéž minimálně velikostí i směrem.

Léčba pacientů probíhá dlouhodobě, bylo by zajímavé porovnat data v pátém stádiu obtížnosti pacienta Svobody po léčbě.

Diagnostika jednotlivých naměřených dat má smysl pouze pro vyšší stádium zátěže, než je nulté. Jelikož při zabrzděné plošině se neprojeví důležité příznaky pro diagnostiku pacientů.

Závěr

Počátek této práce měl za účel seznámit se s rehabilitačním zařízením Posturomed. Se základním cvičením a s vyhodnocováním stabilizace pohybu.

Stěžejním bodem této diplomové práce bylo vytvořit program pro analýzu naměřených dat z rehabilitačního zařízení Posturomed, který bude složit pro diagnostiku dysfunkcí a nestability pacientů. Tento program jsem nazvala Posturomed Manager. Posturomed Manager splňuje všechny požadavky FNO na něj kladené, pro správnou vizuální diagnostiku dat pacientů. Umožňuje předzpracování dat, pět druhů vizualizace, včetně časových průběhů, zobrazení do roviny XY, vizualizaci spekter signálů či výpočet a zobrazení spektrogramů. Díky tomu a přehlednému uživatelskému rozhraní je schopen uživatel vizuální analýzy ve třech nezávislých pevných panelech, včetně porovnání v neomezeném počtu oken externích, což je nezbytný předpoklad zvláště pro lékařské požadavky. Posturomed Manager zvládne korelační i koherenční analýzu.

Dalším předmětem této práce byla tvorba programu pro směrovou analýzu. Rozhodla jsem se tento pomocný diagnostický prostředek implementovat do již vytvořeného programu Posturomed Manageru. Rychlou analýzu pro směrovou výchylku jsem naprogramovala přímo do hlavních třech panelů, pro snadnější práci a přehledné posuzování i s jinými průběhy. Analýzu směrové výchylky jsem dále implementovala do zvláštního okna, kde může uživatel přehledněji a snadněji rozeznat nestabilitu pacienta.

K dispozici byla data několika reálných pacientů, u kterých byla známá patologie. Celá diagnostika v Posturomed Manageru je založena na subjektivním pozorování vykreslených průběhů v programu. Ukázalo se, že pro data měřená na zabrzděné plošině (nulté stádium obtížnosti) nemají potřebné vypovídající vykreslení a proto jsou pro analýzu těchto dat nepoužitelné. Pro metody v této práci popsané jsou tedy nevhodná data měřená na zabrzděné plošině.

Z důvodu malého počtu dat (data měřená u pacientů před léčením), nebylo možné zjistit zda se dá identifikovat patologie jednotlivých pacientů na vykreslené průběhy, zejména na analýzu směrové výchylky. Ale lze zjistit s naprostou určitostí, zdali pacient je zdrav či má patologii ve formě posturální dysfunkce či instability.

Uživatelská příručka Posturomed Manageru je uvedena v příloze.

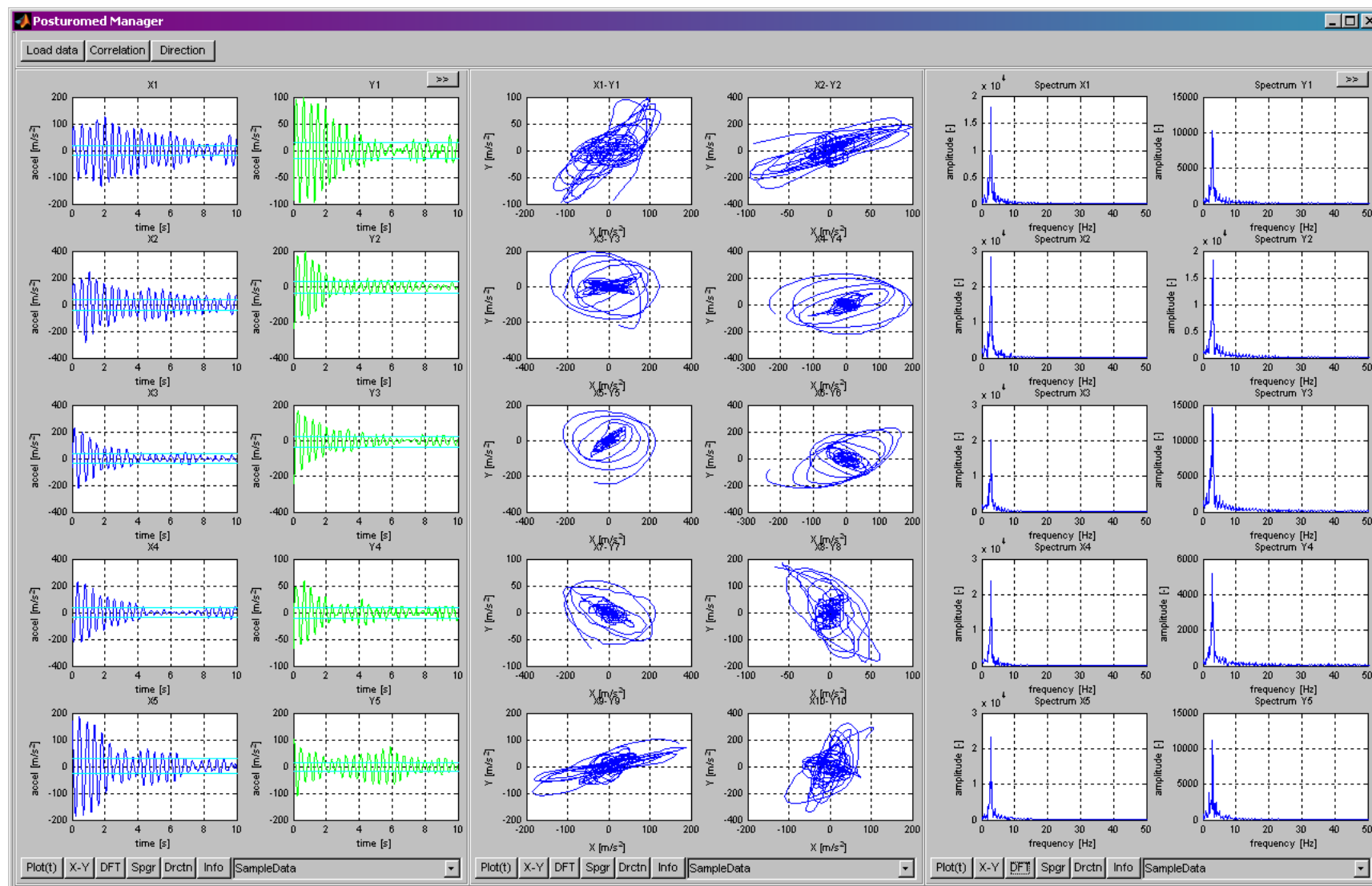
Seznam užité literatury

- [1] Wikipedie: Otevřená encyklopedie: *Rehabilitace* [online].
<<http://cs.wikipedia.org/wiki/Rehabilitace>>
 - [2] RAŠEV, E., HAIDER, E. *Posturomed – Instructions for potural therapy according to Dr. Eugen Rašev*. Schweinfurt, Pullenreuth: HaiderBioswing, 1992. 52 s.
 - [3] MELECKÝ, R. *Diagnostika posturálních poruch*. Praha, 2008. 95s. Diplomová práce na fakultě elektrotechnické ČVUT na katedře kybernetiky. Vedoucí diplomové práce Daniel Novák.
 - [4] VOSTATEK, P. *Posturální analýza stabilizace motoriky*. Praha, 2007. 77 s. Bakalářská práce na fakultě elektrotechnické ČVUT na katedře kybernetiky. Vedoucí bakalářské práce Daniel Novák.
 - [5] KRIEGELOVÁ, K. *Měření vibrací při zpracování krevních derivátů*, Ostrava, 2007. 66 s. Bakalářská práce na fakultě elektrotechniky a informatiky VŠB-TU na katedře měřicí a řídicí techniky. Vedoucí bakalářské práce Marek Penhaker.
 - [6] TROJKOVÁ, J. *Kmity a vlny*. Elektronické skriptum na fakultě elektrotechniky a informatiky VŠB-TU v předmětu Fyzika I. Kombinované studium, 2009.
 - [7] ČASTOVÁ, N. *Syllabusy k předmětu: Vybrané statě k předmětu Ingrání a diskrétní transformace*, VŠB-TU Ostrava, FEI, katedra aplikované matematiky.
 - [8] ZAPLATÍLEK, K., DOŇAR, B. *MATLAB. Začínáme se signály*. 1. vydání. Praha: BEN-technická literatura, 2006. 271 s. ISBN 80-7300-200-0
 - [9] ZAPLATÍLEK, K., DOŇAR, B. *MATLAB. Tvorba uživatelských aplikací*. 1. vydání. Praha: BEN-technická literatura, 2008. 215 s. ISBN 978-80-7300-133-9
 - [10] NEVŘIVA, P. *Skripta do předmětu Signály a soustavy: Úvod do teorie signálů a soustav*, VŠB-TU Ostrava, FEI, 2005. 131 s.
 - [11] BOUCHALA, J. *Skripta do předmětu Funkce komplexní proměnné a integrální transformace: Funkce komplexní proměnné*, VŠB-TU Ostrava, FEI, 2001. 66 s.
 - [12] BOLDIŠ, P. Bibliografické citace dokumentů podle ČSN ISO 690 a ČSN ISO 690-2: Část 1-Citace: metodika a obecná pravidla. Verze 3.3.
-

Seznam příloh

PŘÍLOHA I. POSTUROMED MANAGER – VYKRESLENÍ PLOT(T), XY, DFT	- 1 -
PŘÍLOHA II. FUNKČNÍ TLAČÍTKA HLAVNÍHO OKNA	- 2 -
PŘÍLOHA III. KORELAČNÍ OKNO.....	- 3 -
PŘÍLOHA IV. FUNKCE KORELAČNÍHO OKNA	- 4 -
PŘÍLOHA V. OKNO PRO ANALÝZU SMĚROVÉ VÝCHYLKY.....	- 5 -



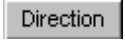

Příloha I. Posturomed Manager – vykreslení plot(t), XY, DFT






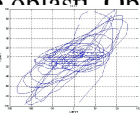


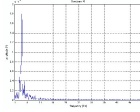


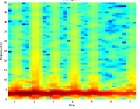

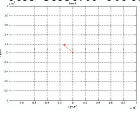



Příloha II. Funkční tlačítka hlavního okna

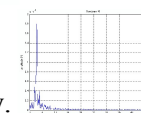
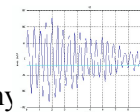
Začneme od počátku, čím začít od spuštění programu. Program Posturomed Manager spustíme v Matlabu tak, že nejdříve spustíme m-file Config.m a po jeho projetí spustíme Posturomed_Manager.m.

Po spuštění se můžeme pustit do práce se samotnými funkcemi programu:

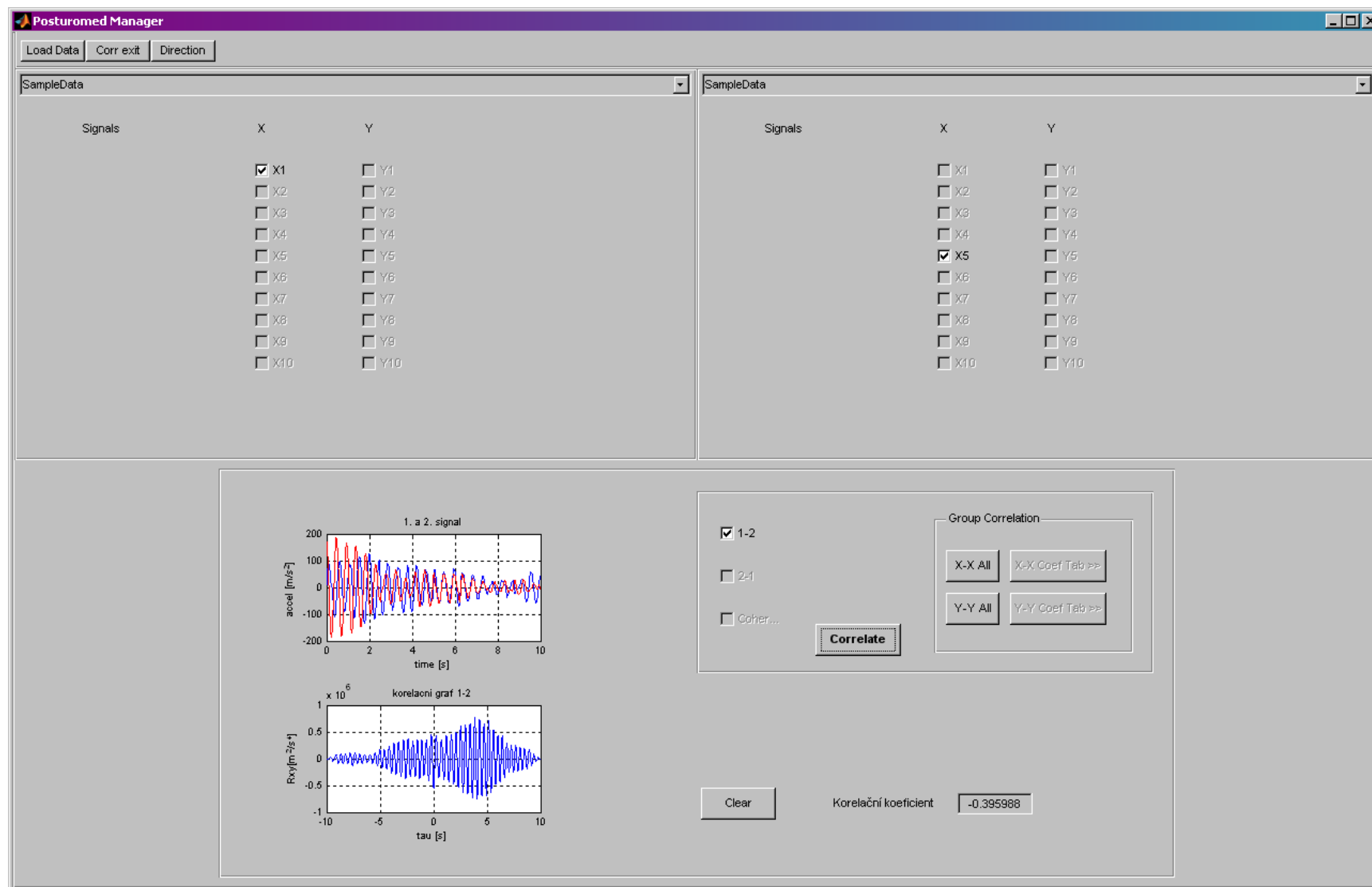
-  - Načtení dat do programu PM. Počet načtených souborů není omezen. Pro vybrání více dat přidrže klávesu Shift nebo Ctrl.
-  - Otevře nové okno s panely pro korelaci dvou vybraných souborů s daty.
-  - Otevře nové okno s panely pro analýzu směrové výchylky vybraných souborů.
-  - Zobrazení vybraných dat, lze měnit kliknutím na šipku (směr dolů).

Pro vybrání dat si můžeme vybrat libovolný průběh a nechat ho vykreslit do grafů:

-  - Vykreslení dat do grafu v časové oblasti. Obsahuje tlačítka se šipkami vpřed , pro přepínání na další průběhy.
-  - Vykreslení dat v rovině XY. 
-  - Vykreslí diskrétní Fourierovu transformaci signálů. Obsahuje tlačítka se šipkami vpřed , pro přepínání na další průběhy. 
-  - Zobrazí spektrogramy signálů. Obsahuje tlačítka se šipkami vpřed , pro přepínání na další průběhy. 
-  - Tlačítko vykreslí rychlou směrovou analýzu dat vybraného pacienta v pop-up menu. 
-  - Tlačítko zobrazí informace o námi zvoleném souboru dat.
-  - Dopředné šipky pro přepínání na další průběhy se po přepnutí změny na zpětné šipky , u funkcí plot(t), DFT, Spgr.



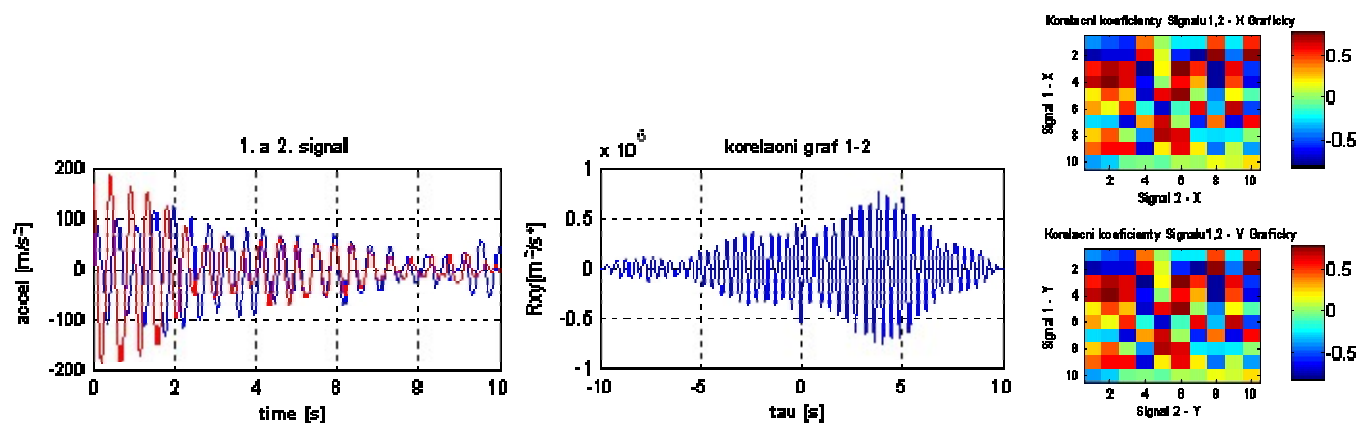
Příloha III. Korelační okno



Příloha IV. Funkce korelačního okna

SampleData - Výběr dat pro korelaci z pop-up menu.

☒ X1 ☐ Y1 - Po výběru dat, vybereme konkrétní signály (zaškrtnutím políčka), které chceme korelovat, nejdříve z pravého a následně z levého panelu.



Obr. 78 Graf vybraných signálů pro korelaci a výsledný korelační graf, obrázek spočítaných korelačních koeficientů v barevné škále

☒ 1-2

- Výběr pořadí signálů ke korelaci (vybrána je – první signál s druhým).

Correlate

- Provede korelaci podle vybraného pořadí signálů.

X-X All

- Provede se korelace všech X signálů z obou panelů okna. V signálovém okně se zobrazí spočítané koef. vyjádřené v barevné škále.

Y-Y All

- Provede se korelace všech Y signálů z obou panelů okna. V signálovém okně se zobrazí spočítané koef. vyjádřené v barevné škále.

X-X Coef Tab >>

- Zobrazení korelačních koeficientů pro signály X v přehledné tabulce.

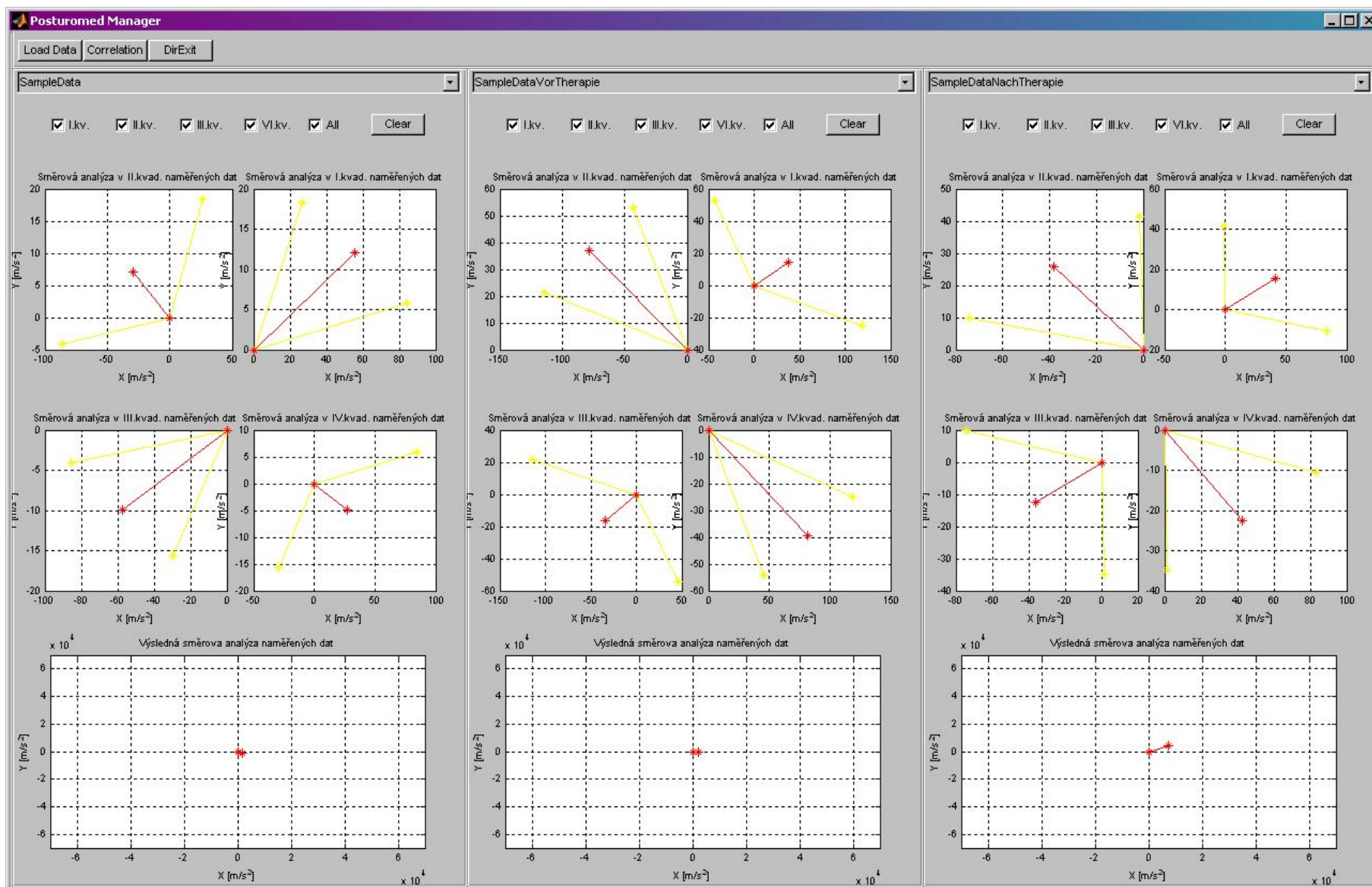
Y-Y Coef Tab >>

- Zobrazení korelačních koeficientů pro signály Y v přehledné tabulce.

Corr exit

- Tlačítko pro ukončení okna korelace a návrat do hlavního okna se třemi panely.

Příloha V. Okno pro analýzu směrové výchylky



SampleData ▾

- Výběr dat z pop-up menu pro analýzu směrové výchylky.

☒ I.kv. ☒ II.kv. ☒ III.kv. ☒ IV.kv. ☒ All

- Pomocí zaškrtnutí políček vybereme kvadrant, ve kterém se spočítá výsledná směrová výchylka, výsledná směrová výchylka při zaškrtnutí pole All.

DirExit

- Na toto tlačítko se změnilo původní Direction. Pomocí něj zavřeme okno pro směrovou analýzu a otevře se hlavní okno s třemi panely. Pro snadnější vizuální posouzení je možné každý graf otevřít zvlášť ve větším okně. Stačí do grafu kliknout pravým tlačítkem myši.
